

MEMOIRE D’INSTRUCTEUR REGIONAL FFESSM – C.I.A.L.P.C

ANNEE 2008

Olivier LAURIN   MF2 n° 1283

AMELIORATIONS TECHNIQUES ET PERFORMANCES DES DETENDEURS

ADAPTATION AUX BESOINS DES PLONGEURS

INTRODUCTION

Un véhicule des années 50 avec juste 4 roues, 1 volant et des sièges , c'était très bien pour l'époque – de nos jours, si nous disposons sur notre voiture de la climatisation, de l'ABS , de l'AIRBAG , d'une boite automatique, d'une radio stéréo, de tom-tom … et que l'on peut flirter au besoin avec les 200 km/h c'est mieux !
Ça s'appelle le progrès.

Si nous comparons un plongeur des années 50 avec celui des années 2000, ce n'est pas du tout le même. Respirer sous l'eau ne lui suffit plus, il veut son confort ! , fait attention à son look , la plongée lui sert à agrémenter un voyage et bien sûr il exige une sécurité maximum et une confiance absolue en toutes situations. Alors pourquoi pas quelques réglages supplémentaires de souplesse en option.et le raccordement de tous les nouveaux matériels (flexible DS, sonde HP, manomètre, octopus, flexible pour vêtement étanche …), assistance électronique..
C'est l'EVOLUTION POSITIVE – petit à petit on se rapproche de la plongée virtuelle !

Le plongeur découvreur est devenu consommateur et il y a eu ouverture de l'activité subaquatique à un très large public. De sport à risques, nous sommes passé à une activité de loisirs pour tous. Fini les costauds tout en noir aux poumons d'acier, place aux touristes palmipèdes. Il faudra prendre en compte l'évolution de son profil, de ses attentes et de ses nouvelles motivations. **LOISIRS ET SECURITE**

Comme pour les fabricants automobiles, les constructeurs ont dû s'adapter à ce nouveau public, utiliser les nouvelles technologies tout en prenant en compte les besoins réels des utilisateurs (et bien sûr, on peut aussi leur créer des besoins…pour leur proposer des solutions adaptées.) – les plongeurs évidemment et les techniciens d'entretien et de maintenance des matériels.
L'étude d'un matériel nouveau est très onéreux et nous verrons qu'ils utiliseront souvent des bases existantes pour y apporter les modifications qui amélioreront les performances.

Présentation générale de l'exposé :

1.- Rappels sur les généralités des détendeurs.
2.- Historique général de la marque **SPIROTECHNIQUE** avec présentation des différents modèles et leurs particularités. Diaporama des différentes publicités et matériels disponibles en éclatés pour manipulation.
3.- Interprétations et lecture des courbes.
4.- Présentation des résultats de mes mesures et analyses des graphiques.
5.- Conclusions sur l'entretien courant et l'avenir des détendeurs.

1.- GENERALITES

Comme vous le savez depuis longtemps, le rôle d'un détendeur de plongée, alimenté avec de l'air haute pression contenu dans une bouteille est de délivrer un air à la pression équivalente à la profondeur ambiante. C'est l'élément le plus important de notre équipement et la clef qui permet au plongeur de pénétrer l'espace subaquatique. Il n'a pas le droit de tomber en panne !
Un bon détendeur doit fournir à son utilisateur, en toutes circonstances, tout l'air qui lui est demandé, et pour un effort inspiratoire et expiratoire minimum. Par soucis d'économie pour éviter le gaspillage, la détente ne doit se faire que lorsque le plongeur inspire et automatiquement pour libérer le plongeur de toute intervention manuelle. Il doit aussi se refermer à coup sûr, ne pas fuir ou passer en débit continu sans possibilité de le stopper rapidement.

Nous n'allons pas entrer dans la science très complexe de la mécanique des fluides et j'emprunterai quelques raccourcis dans mes données car mon propos est d'être aussi clair et compréhensible par tous (pardon aux puristes) – « **ce qui est simple est toujours faux, ce qui ne l'est pas est inutilisable » (Paul VALERIE)**

Le plongeur (comme tout humain) a donc toujours besoin d'air et nous allons définir par quelques mots ce que nous appellerons les performances d'un détendeur – choix de paramètres pour pouvoir comparer des modèles différents.

- **Sa sensibilité** : c'est la dépression nécessaire dans la chambre sèche pour provoquer le début d'ouverture du clapet (le fameux effort inspiratoire). Elle devrait rester constante quelque soit le débit demandé, la pression résiduelle de la bouteille, les variations de température. Elle s'exprime en cm d'eau (ou g/cm2). Un bon détendeur doit avoir une sensibilité de quelques centimètres d'eau, (sur un mistral, il suffisait de porter l'embout buccal au-dessus de la tête pour que celui-ci fuse et permette un échange d'embout dans de bonnes conditions) plus il est souple, plus le chiffre est petit (3 ou 4 cm) et son inverse est la dureté. Le terme **souplesse** plus fréquemment employé par les plongeurs définit la performance du détendeur et comprend à la fois sensibilité et débit.

- **Le travail respiratoire** : la sensibilité est un paramètre statique ; pour évaluer les performances d'un détendeur, il faut mesurer le travail nécessaire pour vaincre les différents frottements, les phénomènes dynamiques, l'inertie des pièces mécaniques en mouvement et celles des masses d'air et d'eau qui entrent en mouvement à chaque inspiration et expiration. Le travail s'exprime en joule par litre d'air respiré.

- **L'ergonomie, le design, la marque, l'atipologie et le prix** sont également à prendre en compte.

Le détendeur est un appareil à fonctionnement dynamique. L'air circule dès que le clapet s'ouvre et se met en mouvement modifiant profondément les pressions et les forces qui entrent en jeu. L'étude de ces phénomènes à permis aux fabricants d'apporter les améliorations les plus spectaculaires des performances des détendeurs (technique de la mécanique des fluides) : travail sur les pertes en charge, les effets de trompe et le refroidissement dû à la circulation de plus en plus rapide de l'air.

Maximiser les performances, minimiser la complexité pour simplifier l'entretien et bien sur « être design » sont les objectifs permanents des fabricants qui tiennent compte de la course permanente aux améliorations avec les concurrents (et les besoins des plongeurs) – mais les normes européennes souvent restrictives limitent la liberté d'action des fabricants (ex : la norme EN 250 de 1995 limite entre autres la pression max d'inspiration à 25 mb).
Ainsi, les détendeurs actuels peuvent être moins « souples » que d'anciens modèles…

Principe de base de physique
Pour pouvoir comprendre les caractéristiques et les mécanismes des détendeurs ainsi que leur conception, il est nécessaire de connaître quelques lois physiques. Celles sur les gaz et les flux de gaz en particulier sont essentielles en ce qui concerne le fonctionnement des détendeurs.
Nous respirons de l'air qui est un gaz réel et non parfait ce qui induit que :

- les molécules ont une masse et un volume
- il existe des forces actives entre les molécules
- les gaz réels ne sont pas compressibles indéfiniment
- les gaz réels passent par plusieurs états en fonction de la température : gazeux , liquide (air liquide) solide (glace)

L'air est soumis à plusieurs lois : celles de Boyle-Mariotte, de Gay-Lussac qui concernent les gaz confinés (dans la bouteille par exemple)
Si le volume d'un gaz augmente, sa pression diminue. Les molécules s'éloignent les unes des autres. Elles doivent lutter contre les forces d'attraction. Leur énergie diminue et la température chute (l'air qui se détend de 200 à 1 bar se refroidit d'environ 40°C)

La conduction thermique est très importante dans les mécanismes et celle des matériaux utilisés joue un rôle essentiel. L'utilisation de métaux (acier inoxydable, laiton et chromage) ainsi que des plastiques synthétiques favorisent l'apport de chaleur externe puisque les températures à l'intérieur du mécanisme sont généralement plus basses que la température de l'eau environnante.

Des **REALITES PHYSIQUES** resteront malgré tout toujours **INCONTOURNABLES** et les bureaux d'études devront sans cesse ruser dans la conception d'un nouveau produit pour contourner au mieux ces phénomènes, les atténuer ou les utiliser.

Ex n°1 : l'écoulement d'un fluide (pour nous de l'air) est caractérisé par **3 paramètres** :
sa pression qui aura une influence sur les performances selon sa variation au cours de la plongée
sa vitesse augmentation du débit pour alimenter plusieurs sorties
sa température lorsque l'air se détend, la température tombe sous la température ambiante. L'eau environnante sert à le réchauffer (gros passage au niveau de la chambre humide) mais le givre risque de bloquer les mécanismes de commande de passage de l'air (clapet/siège) et nous risquons le débit continu.
Dans une canalisation (détendeur ou flexible), si nous réduisons le passage de cette dernière **(effet venturi)**, nous constatons que les 3 paramètres varient – la pression diminue, la vitesse augmente et la température diminue (et diminution de la masse volumique).

Ex n°2 : Un jet d'air sortant d'un gicleur (buse ou petit trou) – à la sortie, les molécules d'air du jet entraînent par frottement les molécules d'air de l'air environnant et créent une dépression **(effet de trompe)** – en restant concret, dans un boîtier de deuxième étage, cette dépression maintient la membrane principale en position basse (donc clapet ouvert) et l'empêche de reprendre sa position initiale ce qui engendre un débit continu.
Solution : un ou plusieurs orifices en amont du gicleur doivent fournir de l'air pour remplacer celui entraîné et annuler la dépression. Un gros travail sera effectué par les ingénieurs sur les profils et architectures des boîtiers. (souvent on considère venturi et trompe identique)
Un flux d'air entraîne également dans l'espace qui l'entoure des turbulences dans lesquelles il est préférable de ne pas respirer. Le rôle de la buse est de diriger le flux d'air vers l'embout **(effet vortex)**.

Ex n°3 : La pression hydrostatique de l'air respiré (masse volumique de 1l d'air à 1b et 0°C environ 1.3g)
A 40m, Pabs 5b l'air pèse 1.3 x 5 = 6.5g et dans le corps du 1er étage où nous trouvons 10b + Pabs = 15b l'air pèse 15 x 1.3 = 19.5g !!! d'où une difficulté supplémentaire de circulation – nous comprenons aisément l'utilisation de mélanges « légers » pour les plongées profondes.
En profondeur, la variation de la fluidité de l'air provoque des modifications de fonctionnement en particulier dans les 2ème étages – l'utilisation de la sur compensation servira en partie à palier ce « défaut ».

Ex n°4 : Dans un tuyau, la vitesse de l'air véhiculée ne peut dépasser la vitesse du son – le débit maximum obtenu dans un flexible de section donnée est égal au produit de sa section par la vitesse du son (section de 1cm2 x 330m/s = 1980 l/mn maximum – si on augmente le diamètre pour autoriser plus de débit, on réduit la flexibilité du tuyau….). La norme EN250 fixe également que le flexible doit supporter au minimum 4 fois la valeur de la pression de service (généralement 29b ou 30b annoté sur les flexibles) – utilisation de kevlar plus résistant.

En simplifiant et en résumant, le parcours de l'air dans un détendeur doit être rendu aussi simple que possible en lui laissant le plus de place possible pour transiter : effet de trompe aux 1er et 2ème étage, sortie suralimentée, alignement des plus parfait des pièces en mouvement, (accélérateur de particules…) sortie MP de gros diamètre, usinage interne aussi lisse que possible, flexible MP à diamètre de plus en plus important tout en restant souple pour l'utilisateur et recherche d'augmentation de la vitesse de transfert en limitant les risques de givrage.

On appelle « **perte en charge** » tout obstacle sur la trajectoire de l'air qui provoque des perturbations et freine son passage, entraînant ainsi des chutes de pression (frottements sur parois, filtre d'entrée, rétrécissement au niveau de passage du clapet, bavures, rotule et coude divers…)

Les différents asservissements du détendeur

Un détendeur est un ensemble complexe de compensation : mise en équilibre, balance, constance et régulation qui permettent d'obtenir instantanément et en toute circonstance un débit de gaz suffisant pour assurer une bonne ventilation (proche de celle à l'air libre sans instrument). Il existe donc plusieurs compensations : certaines équipent tout les détendeurs (ils sont donc tous compensés !) et certaines des modèles plus techniques et sophistiqués (que nous appelons nous, les compensés).

- STATIQUE : l'étude des forces dues aux différents types de pression qui s'exercent sur les pièces en mouvement
- DYNAMIQUE : l'arrêt ou l'écoulement de l'air commande l'ouverture ou la fermeture des clapets. Le parfait dimensionnement des écoulements permet d'assurer la stabilité de la MP
- REGULATEUR : la géométrie des composants et le positionnements des arrivées d'air engendre ou non une variation de la MP et ce en fonction de la variation de la HP
- HYDROSTATIQUE : qui permet de modifier la MP et donc d'influencer sur le mécanisme du détendeur en fonction des variations de pression hydrostatique due à l'augmentation de la Pabs
- ACTIF : les dimensions des pièces ainsi que leurs surfaces engendrent des équilibres de forces dans les différentes chambres de compensation et commandent l'ouverture ou non du système clapet siège.

Différentes phases de la respiration :
- Inspiration qui correspond à la baisse de pression dans le boîtier du 2ème étage, fait baisser la membrane, le levier et début d'ouverture du clapet
- Admission de l'air en provenance du flexible et du 1er étage qui fuse par l'injecteur (buse) et par les orifices « secondaires »
- Fin de l'inspiration : le gaz continu à s'écouler pour atteindre la pression d'équilibre avec la membrane du 2ème étage et celle de Pabs.
- Expiration qui provoque l'ouverture de la soupape d'expiration
- Fin de l'expiration qui provoque la fermeture de la soupape.

Principaux composants d'un détendeur

1.- le corps : pour le 1er étage (HP) généralement en bronze ou laiton chromé inoxydable et pour le 2ème étage (BP), en laiton embouti ou plus récemment en plastique armé (composite graphite fibre de verre) – ils abritent les mécanismes de détente.

2.- siège et clapet : ouvrent ou ferment toute circulation d'air et assurent l'étanchéité : pour cela, il faut que la pression exercée par le clapet sur le siège soit supérieure à celle de l'air à retenir – par convention, le siège est la partie fixe et le clapet la partie mobile.
il existe selon leurs positionnements des clapet dits « amont » et des « aval ».

3.- les ressorts qui sont des systèmes élastiques – ressort soit taré (peuvent être comprimés par vis de réglage) pour régler une force définie ou de rappel qui permet le retour dans la position initiale les pièces en mouvement.

4.- membrane et piston qui sont des capteurs de variations de pressions – la partie rigide, disque métal, de la membrane transmet ces variations à un pointeau. Les membranes ont peu de frottements par rapport au piston qui est équipé de joints d'étanchéité.

5.- pointeau et levier qui servent à transmettre les mouvements mécaniques de la membrane pour action sur le clapet.

6.- soupape d'expiration pour laisser l'air s'échapper vers l'extérieur et empêcher l'eau de pénétrer ; plus leur surface est grande et plus l'effort expiratoire sera facilité, mais le risque d'entrée d'eau augmentera…
En règle générale, elle se situe à la partie inférieur du boîtier et si de l'eau pénètre, elle est évacuée à l'expiration suivante, ce qui n'est pas le cas quand on descend en canard. (risque avec des membranes très souples)

On néglige souvent l' importance dans le cycle respiratoire de la phase expiratoire. Elle est naturellement deux fois plus longue que la phase inspiratoire. (sauf si on est à l'agonie ou proche de la limite de l'essoufflement).
Cette dernière incomplète ou difficile mène à l'essoufflement (soucis constant du plongeur) - la soupape d'expiration doit être souple en restant étanche, largement dimensionnée, les matériaux doivent être adapté et en nombre suffisant, l'axe d'expiration ainsi que son inclinaison doivent être particulièrement étudiés.

7.- le filtre ayant pour but de retenir les particules contenues dans la bouteille – ils sont réalisés en bronze fritté (petites billes soudées qui forment des chicanes et piègent les poussières de grosses dimensions) ou sous forme de fils tressé. Risque de colmatage à contrôler régulièrement pour ne pas perturber le bon fonctionnement de tous les mécanismes du détendeur. (PS : ce sont de grosses pertes en charge)
A un cheval de course, il faut donner de l'avoine !

8.- joints et graisse : en général des joints toriques réalisés en élastomère avec faible coefficient de frottement et une dureté adapté à son utilisation (230 bars et air différent de 10 bars et eau pour les circuits d'arrosage…)
les joints peuvent être statiques ou mobiles, doivent être de la bonne taille.. et nécessitent une lubrification (graisse silicone) qui sera éliminée avec le passage de l'eau sur les modèles à piston.
Le temps, l'utilisation et la chaleur limitent la durée de vie du joint qui perd de sa souplesse ainsi que les frottements qui finissent par l'user.
Nitrox et O2 : joints particuliers compatibles et graisse adaptée.

Ne pas oublier les différentes fixations sur la robinetterie, les flexibles, moustaches, embout….
L'augmentation des performances (ex débit d'air véhiculé) engendre des contre performances : nous créons ainsi un grand ennemi : la baisse de température - froid et les risques de givrage.
Le mouvement des pièces mobiles s'effectue de façon précise et dans un alignement parfait pour réduire au maximum les frictions, les inerties et favoriser la lubrification des joints avec divers procédés

Tous ces éléments recevront dans le temps des améliorations techniques qui modifieront petit à petit les performances finales du détendeur.

ON PEUT TOUT AFFIRMER A NOTRE EPOQUE DE TECHNOLOGIE ET DE PUBLICITE, MAIS C'EST AUTRE CHOSE QUE D'AVOIR LA PREUVE SUR LE TERRAIN DE LA PERFORMANCE D'UN DETENDEUR JIM BOWDEN

1 gramme d'expérience pèse plus lourd que 100 kg de théorie le VP

2.- HISTORIQUE – je vous propose un petit voyage dans l'histoire de notre patrimoine aquatique – cela a nécessité un gros travail de recherches de documentations dans les archives, et il n'existait pas à ma connaissance ce type de classification, tout au moins disponible.

Parallèlement, vous pourrez observer et manipuler la plupart des matériels pour visualiser les différences de matériaux et composants – la curiosité nous pousse parfois à regarder dans les entrailles de nos détendeurs et une comparaison peut sembler utile avec les modèles d'un age plus respectable. Plus attractif et parlant que des croquis avec nomenclature.
Un détendeur « fermé » ne m'apprend rien ; qu'il me fournisse de l'air, c'est bien mais j'ai besoin de regarder l'intérieur pour découvrir des nouveautés avec parfois des surprises : usine à gaz compliquée nécessitant un outillage particulier ou des modèles efficace, simple en étant sophistiqué tout en restant accessible facilement aux entretiens périodiques.

L'histoire des détendeurs de la SPIROTECHNIQUE peut se diviser en 5 périodes : (4 seront traitées)

- **la naissance - 1945 à 1955**
- **les grands anciens de 1955 à 1977 – l'apogée de la SPIRO**
- **la période tout métal de 1978 à 1985 – profusion de modèles et adaptation à l'export – les années noires**
- **l'avènement du plastique de 1986 à 1997 – les années fun - le renouveau**
- **les temps modernes de 1998 à nos jours – le leader incontesté**

La datation sera la plus précise possible car je m'appuie sur diverses revues spécialisées et les catalogues du constructeur mais il peut toutefois arriver que du matériel soit disponible en cours d'année ou au contraire que du matériel prévue par les diverses publicités ne soit pas immédiatement disponible dans le réseau de distribution – les dates sont donc fiables à +/- 1 an.
Cette rétrospective commencera en 1955 – date d'arrivée sur le marché français du nouveau détendeur **MISTRAL** de la **SPIROTECHNIQUE** – c'est le remplaçant du fameux **CG45**.(pour COUSTEAU GAGNAN de 1945)

1er période : 1955 – 1977 **pression HP 176bar puis 200b**
(176b pour les blocs acier et 200b pour les blocs alu)

ADAPTATION AUX BESOINS DES PLONGEURS
Analyse des réflexions du plongeur de l'époque selon ses besoins et l'évolution de son profil.
En 1955, que veulent les plongeurs ? Mettre la tête sous l'eau , ce sont les derniers explorateurs de notre planète – il existe peu de matériel, il est plutôt militaire, limite dangereux pour certains et il est cher !

1955 - l'idée la plus merveilleuse est la simplicité - les détendeurs à 1 étage de la série prestigieuse COUSTEAU GAGNAN du **MISTRAL** qui remplace les détendeurs à 2 étages et 2 tuyaux **CG45**
Ils sont réputés pour leur robustesse, leur facilité d'entretien puisque peu de pièces sont en mouvement, les fuites sont limitées, les bulles sont hors champs visuel et le confort respiratoire est maximum dans la position vertical ou sur le ventre, la membrane se trouvant au niveau des poumons.
Très robuste, il présente une bonne tenue en bouche de l'embout grâce à la symétrie des tuyaux annelés en caoutchouc (qui sont rempli d'air). Les réglages, l'entretien et les réparations sont très simples.
Grâce à un injecteur, ce qui est nouveau et non existant sur le **CG45**, ce détendeur offre aisément et régulièrement de l'air en quantité suffisante.
Il se trouve se trouve dans l'axe de la tubulure aspiration et favorise le déplacement de la membrane. De petits trous calibrés annulent l'effet de trompe. L'expiration évacue l'air dans le dos du plongeur ce qui favorise le champs visuel et le niveau sonore par une soupape en « bec de canard » ; il s'agit de deux lames de caoutchouc superposées qui laissent sortir l'air mais qui se plaquent ensuite pour empêcher toute entrée d'eau.
Pour éviter un débit continu dû à une différence de pression avec celle de l'eau, elle doit se trouver au plus près de la membrane principale.

Quelques inconvénients des détendeurs à 1 étage
Encombrements des tuyaux annelés et leur fragilité (+ risque d'accrochage)
La position dans le dos doit être précise et peut provoquer une différence de débit d'air – ils fonctionnent en légère dépression, ce qui provoque une résistance supplémentaire à l'inspiration et un décollage nécessaire (seuil d'ouverture varie avec la variation de la HP – non compensé…) usure plus rapide du clapet HP car soumis à des pressions élevées

1958 - Apparition d'un petit nouveau : **AQUAMATIC** à 2 étages séparés fabriqué par COUSTEAU-GAGNAN après la sortie du fameux **CRISTAL** (brevet de 1956) de BRONNEC et GAUTHIER (on s'adapte déjà à la concurrence). Encombrement faible avec positionnement ventral, pas lourd (complet avec petit bloc), pas cher et pour déjà une utilisation « multi-loisirs ». En version « DELUXE », il dispose d'une sortie HP.
1 seule membrane permet les fonctions d'inspiration et d'expiration.
Il est également comme son grand frère **MISTRAL** de conception non compensé à membrane.

1961 – Le **MISTRAL 61** ou **SUPER MISTRAL**
En 1961 apparaît un embout AQUASTOP qui évite les retours possibles d'eau dans les flexibles en cas de perte, ainsi que le rejet d'expiration dans le flexible inspiration (effort supplémentaire) et les tuyaux annelés sont à spires jointives également plus souples – une lanière tour de cou est disponible pour maintien en position de l'embout (sécurité)
On en dénombre 200 000 en service dans le monde d'après les pubs de l'époque.
La fixation de l'étrier se fait maintenant par un volant grâce à un joint torique qui remplace le joint plat d'origine.

1962 – 2 nouveautés disponibles en France : le **CALYPSO** détendeur de bouche (2 étages) à un seul tuyau est d'une technique très avancée… presque moderne. Il est d'un nouvelle technologie, celle compensé à membrane : la MP reste stable quelque soit les variations de HP. Il servira de référence pour de futurs nombreux détendeurs.
Le 2ème étage métallique dispose d'une seule membrane pour l'inspiration et l'expiration (idem que **AQUAMATIC**, **D400** futur de SCUBAPRO) et l'**AQUADIV** avec 2ème étage clapet amont (sortis aux USA peu de temps avant sous l'appellation US DIVERS – AQUALUNG et de conception J.Y COUSTEAU).
Avantages des détendeurs à 2 étages : flexible unique donc moins de risque d'accrochage – liberté de manœuvre – facilité équipement/dés équipement – donner air à équipier – bouton poussoir de surpression – remplissage parachute – hydrodynamisme.. confort respiratoire dans toutes les positions …

1963 – Identique au **MISTRAL** sur le plan de la réalisation intérieure et du fonctionnement, voici la version relookée avec volume étudiée pour améliorer l'effet venturi et boîtier modernisé présentant une forme plus aquatique (et plus beau) : le **ROYAL MISTRAL** qui sera également le dernier des détendeurs à 1 étage commercialisé – ses tuyaux sont à spires jointives (du **MISTRAL 61**) plus souples et à fort coefficient d'allongement, son embout AQUASTOP à été modifié pour une meilleure tenue en bouche et le corps est décentré pour permettre un équilibrage par le masque sans gêne – lanière tour de cou amovible.
Une prise HP est disponible pour raccordement d'un manomètre de contrôle.
Les buses d'injection (injecteur) sont toutefois différentes, une longue et une courte pour le mistral sont propres à chaque détendeur et ne sont pas interchangeables sous risque de pulsations lors de fortes inspirations.

Flexibles encombrants, matériel cher, pas moderne (discutable..), évacuation de l'eau dans la tuyauterie d'expiration en cas de perte ou d'échange et du 100 % Français.

Nouveau détendeur qui remplace le **CALYPSO** et sera également une référence pour les détendeurs à venir : le COUSTEAU GAGNAN **AQUILON** avec un 1er étage compensé à membrane… déjà vu !
Un beau et moderne 2ème étage, avec un système d'injection qui donne un débit d'air incomparable (pour l'époque) à toutes profondeurs – le guidage du flux d'air est assuré par une plaque métallique arrondie brasée sur le boîtier et des trous calibrés annulent l'effet venturi (trompe). Il dispose d'une lanière tour de cou comme les embouts AQUASTOP pour éviter toute perte possible.
la soupape d'expiration se trouve dans le fond du boîtier (différence avec calypso) ce qui évite les risques de vaporisation – des moustaches guident les bulles d'expiration vers la sortie mais sont de faible ouverture, minces
Il dispose d'une sortie HP pour fixation d'un manomètre de contrôle et est beaucoup moins cher à fabriquer qu'un mistral – (prix de 1963 : 280 f prix du royal mistral de 63 : 400 f)

Sur l'**AQUILON**, le filtre d'entrée est le même que le mistral, rond et plat (avec juste un changement d'épaisseur, il servira pour tous les détendeurs suivants jusqu'au club 2 de l'année 1986.) – volant et étrier type mistral « moderne »(on utilise le matériel déjà existant dans la mesure du possible) et les siéges de raccordement ne vont que sur des bouteilles françaises … normal !
la soupape d'expiration est de petit diamètre (2 cm) et est en caoutchouc comme la membrane principale

le flexible MP est également en caoutchouc de diamètre 15 (gros), n'est pas très souple et l'arrivée sur le boîtier du 2ème étage se fait par la gauche car à cette époque, sur les 1er FENZY, le flexible annelé est à droite. Nous observons également une réduction de la traînée par rapport aux 2 tuyaux annelés des MISTRAL.
Il ne subira pas beaucoup de modifications durant sa commercialisation qui durera jusqu'à 1977. Pas de possibilité de raccordement d'un détendeur de secours ni autre branchement possible.

1965 – Juste une petite modification sur les **MISTRAL** et **ROYAL** – il apparaît les modèles **PRO** qui sont équipés d'un embout spécial pour raccordement du vêtement à volume constant phoque.
Nous ne traiterons pas les modèles narguilés dont les performances sont similaires en tout point.

Multiplication des clubs avec besoin de matériel de base

1968 – 5 ans après l'**AQUILON**, nouveau venu chez SPIRO : le COUSTEAU GAGNAN **SPIRO 8** (pour 68 ?) Dernière appellation commune des 2 noms - c'est un premier étage d'un nouveau concept : le piston – il est en plastique et n'est pas compensé – construction simpliste, réparation et entretien aisée, surtout pas cher (pris ce 1968 : 216f pour le **S8** – 329f pour **AQUILON** - 365f pour le **MISTRAL** et 440f pour le **ROYAL MISTRAL**) (ce qui donne en Euros de 2007 : 233 € pour le S8, 356 € pour l'AQUILON, 395 € pour un MISTRAL et 475 € pour le ROYAL) – coef de 1.081

Les modèles à piston ont l'inconvénient d'avoir un mécanisme qui travaille dans l'eau ; c'est à dire que le piston coulisse dans une chambre humide d'où la nécessité d'un rinçage soigné après utilisation et de problèmes possibles dans les eaux chargées qui peuvent considérablement dégrader la régularité des performances du détendeur. La lubrification des joints s'élimine également au passage de l'eau.
Le piston possède une inertie non négligeable qui rend la détente plus saccadée (relatif bien sûr) – n'oublions pas également que la valeur de la MP diminue lorsque la pression de la bouteille baisse, la « souplesse » du détendeur est donc moindre en fin de plongée.

Le nombre de pièces est réduite et l'entretien est donc facilité (moins de 10 pièces au total pour le 1er étage) et deux pièces en mouvement : piston et ressort – il dispose néanmoins d'une sortie HP - La MP qui est réglable par action sur la tension du ressort par vis externes (les ressorts ne sont pas encore aussi performants qu'à l'heure actuelle et ils dérivent dans le temps ce qui rend nécessaire leur réajustement).
Travail sur le look (déjà): il sera distribué en version satiné (sobre, moderne, pas lourde donc meilleur confort en bouche) et en version chromé (poids normal..)
Le 2ème étage est en tout point similaire à l'**AQUILON** à l'exception du couvercle et du bouton poussoir qui porte le nom du détendeur – c'est du matériel « club » - pas de lanière tour de cou.

Lors des voyages, possibilités de se raccorder partout (USA et SCANDINAVIE / ALLEMAGNE)
Création des besoins – on sait faire petit en gardant un grand confort ventilatoire (photo, gain de poids, look original, ..)

1972 – 4 ans plus tard, nouveau petit, tout petit détendeur : l'**ALIZE** – merveille (chef d'œuvre) de miniaturisation. C'est à ce jour le détendeur le plus léger jamais fabriqué (poids du 1er étage : 290 g) PS : le 1er étage **SCUBAPRO MK7** à réserve sonore de 1971 pèse presque 2 KG ! Les objectifs des marques sont différents à ce moment !
La grande nouveauté : la fixation universelle du 1er étage pour l'adaptation à toutes les robinetteries : étrier ou à vis – raccord DIN – il est de type compensé à piston (le 1er du genre !) , il dispose également d'une prise pour un manomètre de contrôle.
Révolution également au niveau du 2ème étage : avec une rotule orientable à 360° , donc arrivée à droite ou à gauche, 2 soupapes d'expiration, miniaturisation et clapet piloté (le piston se déplaçant dans une chambre donne un débit maximum et une grande souplesse). Un bouton poussoir permet de passer en débit continu - les prises de sorties MP sont différentes sur les **AQUILON**, **SPIRO 8** et **ALIZE**.
Le flexible MP est également d'un diamètre plus faible (gain de souplesse dans les mouvements).
A cause de la réduction de place, le filtre d'entrée est de plus petite taille que les modèles existants et est encore en vigueur de nos jours sur les **SUPRA** et **RANGER** en version DIN uniquement. Les risques d'encrassement de ce dernier sont accrus.

1974 – 1er modification sur un modèle existant en gardant le même nom : L'**ALIZE « S »** il est livré avec 2 sièges 18.5 (F) et 17.8 (I), une grille de protection du 2ème étage empêche l'introduction de corps étranger ?– il sera disponible avec une prise double sorties pour branchement de 2 deuxième étage en option (jamais vu à la distribution) – livré avec sacoche : un + commercial.

INFORMATION SUR LES SIEGES (RETENUE ETRIER)
Ces 2 types de sièges maintenant proposés permettent ou non de raccorder le détendeur sur la robinetterie sans risque de fuite : les bouteilles Française n'acceptent que les sièges Français et inversement ; il faudra donc s'assurer du branchement possible selon le matériel en présence.
Cette petite histoire perdurera jusqu'en 1994…. année à partir de laquelle il ne sera disponible sur tous les détendeurs qu'une seule connexion de siège possible, l'internationale bien sûr ….. plus que 20 ans à attendre ! Et si je compte depuis 1955 …..on approche les 40.
Remarques : sur les bouteilles à insert démontables, nous pouvons changer ce dernier pour autoriser le branchement des divers sièges.

Seul exception : le **MISTRAL** ne recevra pas cette possibilité de raccordement. Pour leurs parts, le **ROYAL**, l'**AQUILON** et le **SPIRO 8** auront leurs versions I ou F.

1975 – les blocs en ACIER sont maintenant disponibles en 200b – inserts non démontables

Une version « américanisée » avec quelques aménagement du **SPIRO 8** est disponible : voici le **SPIROLUNG** avec sa prise de raccordement issue de l'**ALIZE** pour adaptation internationale.
Le 1er étage est à piston (en inox pour longévité) compensé avec arrivée air HP perpendiculaire (idem **ALIZE**) – le clapet HP qui se trouve dans l'axe du piston (technologie moderne) est de grande taille, ce qui garantit un meilleur débit (diamètre passage de l'air plus grand) – Des trous maintenant sur le corps du 1er étage permettent la compensation hydrostatique – le réglage de la MP se fait par l'extérieur en agissant sur un écrou qui calibre un ressort (confort des réglages lors SAV) et un bouchon de protection de ce réglage (enjoliveur) protège l'ensemble
Les ingénieurs ont permis une augmentation du débit par la mise en place de sections de passage surdimensionnées – la prise de sortie MP est identique à l'**ALIZE** – option 300b possible en version DIN.
Le 2ème étage est identique au **SPIRO 8** et à l'**AQUILON** à l'exception du couvercle (qui est plein et pèse 100g contre 75 au **SPIRO 8** !!! indestructible et militarisé).

Multiplications des besoins en nombre de sorties MP pour branchements annexes

1976 – Petites améliorations du **SPIROLUNG** qui devient **« PRO »** - il possède dans cette version d'un raccord multiprise MP avec 2 sorties supplémentaires : 1 pour un 2ème détendeur et 1 pour branchement d'un outil pneumatique ou les nouveaux inflateurs (prise norme UNF 3/8 toujours en service actuellement).
Une nouveauté réside dans l'embout buccal anatomique modelable qu'il faut mettre dans l'eau chaude, mordre pour prendre la forme de la mâchoire : le confort est accru.

Le **SPIRO 8** est désormais équipé de série d'un raccord 3 sorties MP sur sa rotule : 2 ISO M14 / 100 et une UNF 3/8, identique au **SPIROLUNG PRO**
Fin de commercialisation du **MISTRAL** en 1975 / 76 – le **ROYAL MISTRAL** sera distribué jusqu'environ 1985 : 20 ans chacun au top BEAU SCORE !!!

Et le froid. ???? débit insuffisant pour créer des perturbations sérieuses, la pression alimentation est de 176b puis de 200b, utilisation d'un seul 2ème étage , pas de DS …. No problemo !!! et la plongée dans les eaux froides existait déjà…Un détendeur de type MISTRAL est quasiment impossible à faire givrer et sur les boîtiers métal, ceux-ci évacuent correctement les frigories - les ensembles : levier – clapet/siège sont très éloignés.

Les inserts démontables pour utilisations des modèles DIN sur les bouteilles SPIRO apparaîtront en 1986 …(soit dans 10 ans ! on a de l'avance).

A l'issue de cette première période , nous trouvons sur le marché :

- détendeur non compensé à membrane à 1 étage : **MISTRAL** et **ROYAL MISTRAL**
- détendeur compensé à membrane : **AQUILON**
- détendeur à piston simple : **SPIRO 8**
- détendeur compensé à piston : **SPIROLUNG + PRO**
- détendeur avant-gardiste : **ALIZE** et version **S**

la série est donc complète , il restera à la faire évoluer et l'adapter à la demande toujours croissante des plongeurs et plongeuses – Par simple curiosité, jetons un petit coup d'œil sur nos voisins d'outre atlantique …..

Principaux produits sur le marché Nord Américains : Marque **SCUBAPRO (Self-Contained Underwater Breathing Apparatus)**

1963 – **MK2** avec 2ème étage métal (petit piston à l'origine)

1966 – **MK4**: 1er étage compensé avec tourelle de distribution de MP (2 sorties MP et 1 HP)

1969 – **MK5** avec 2ème étage **adjustable** (compensation manuelle réglable)

1969 – **MK6** : étrier de raccordement pneumatique

1971 – **MK7** : réserve sonore

1975 – octopus à main gauche

1977 – 2ème étage **PILOT** (ancêtre des fameux **D400** et **X650**) système inédit avec membrane travaillant avec une buse pilote qui distribue l'air – confort inspiratoire maximum et bouton « DIVE – PREDIVE » avec en plus une esthétique futuriste.

les diamètres de raccordement des flexibles sont déjà normalisés (3/8 pour MP et HP) – les tourelles donnent une grande liberté de manœuvre – toutes les arrivées de 2ème étage se font par la droite – uniquement la technologie des pistons – débit beaucoup plus important sur les **MK 4 et 5** … la technologie du **SPIROLUNG** s'en rapproche sérieusement.
Meilleur débit sur les détendeurs compensé par augmentation de la taille du siège et du clapet HP.
Les **MK4** et **MK5** sont toujours en service de nos jours et leurs pièces détachées disponibles pour les entretiens.

2ème période : 1978 – 1985

Plutôt que l'innovation à tout prix, la SPIROTECHNIQUE va réutiliser des mécanismes classiques et va en permanence les optimiser pour offrir les meilleures performances possibles et avec une excellente reproductibilité dans la fabrication.

A compter de cette date, les modèles sortent de façon accélérée , avec des nouveautés tous les ans mais souvent les modifications sont bénignes.
(200 bars de pression d'utilisation depuis 1975 dans les blocs acier car les plongeurs veulent plus d'autonomie en plongée**),** dans quelques années, nous passerons ainsi au 230b (notons que le 300b pointe le bout de son nez dans la plongée loisir , mais nous savons qu'il n'y a pas 3000 l d'air détendu dans un 10 l à 300b – voir gaz réels dans chapitre 1!) sauf pour le plongeur naïf qui croit encore la pub …Bref, cela oblige à changer de matériel, acheter de nouveaux blocs, des compresseurs délivrant la bonne pression, les adaptateurs divers…

Au vue des modèles d'outre atlantique, certains modèles vont subir une cure de rajeunissement et d'adaptation à l'international – l'utilisation des inflateurs sur les bouées rend nécessaire des sorties MP supplémentaires. Les inflateurs type FENZY sont pour l'instant sur la droite du plongeur , l'arrivée du détendeur se fera donc toujours sur la gauche
Améliorations des flexibles qui réduisent de diamètre (idem ALIZE) et gagnent en souplesse – les prises de raccordement sur les deuxièmes étages restent identiques aux anciens pour continuer à utiliser les flexibles existants (F/F).

Actualisation aux matériels nouveaux disponibles pour les voyages à l'étranger et féminisation de l'activité.

1978 – Arrêt de la commercialisation de l'**AQUILON** après 15 ans de bons et loyaux services ; plus de modèle compensé à membrane pour le moment.

la SPIROTECHNIQUE développe une nouvelle gamme de détendeur, toujours en laiton chromé répondant aux dernières normes internationales et qui par leur fiabilité (utilisation des mécanismes déjà connus et éprouvés) et leurs performances serviront de modèles comme l'avait fait en leur temps les détendeurs de la gamme précédente.
Ils recevront tous une nouvelle vis d'étrier en plastique qui fait moderne et plus ergonomique et des sorties multiples et mobiles pour raccordement des nouveaux matériels. (seuls rescapés de l'ancienne série : l'**ALIZE S** et le **ROYAL MISTRAL**).

1er nouveauté : le **20/10** (siège 18.5 français) qui remplace le **SPIRO 8** – il reprend les pièces mécaniques principales (filtre, clapet piston plastique, siège , ressort , système de réglage de la MP) rien ne se perd , tout se transforme et s'adapte et les études coûtent très chères.
Comme sur le **SPIRO 8** l'étrier est solidaire du corps . une tourelle orientable à 3 sorties espacées de 120° permet les raccordements multiples (UNF 3/8 : début de la standardisation) et donne une grande liberté de manœuvre des flexibles en toute circonstance – pour raccorder les flexibles de l'ancienne gamme, l'utilisation d'un adaptateur est nécessaire (coté 1er étage) – petite prise HP - grosse prise de poids toutefois : 610 g contre 360g pour le **SPIRO 8** (1er étage). Un modèle appelé **20/20** dispose d'un siège 17.8 pour l'internationale ; ce modèle avec étrier fixe ne sera pas disponible en version DIN.

2ème nouveauté : le **40/10** (18.5) qui remplace le **SPIROLUNG** – les principales pièces mécaniques sont comme pour le 20/10 directement empruntées du précédent modèle : piston, clapet, ressort, et système de réglage externe de la MP. La tourelle à 2 sorties 3/8 mais conserve une sortie mâle M14/100 pour les flexibles français (sans adaptateur) – prise sortie HP
Comme pour le 20/10 une prise de poids est non négligeable : 740 g contre 460 g au **SPIROLUNG**
Ce modèle est disponible en version **40/20** (siège 17.8) et **40/30** qui est la version DIN à **300 b**

Ces 2 modèles reçoivent également une grosse amélioration au niveau du 2ème étage : nouvelle architecture en gardant le même diamètre de boîtier, ce qui permet de conserver les membranes principales des modèles précédents (toujours caoutchouc) – le couvercle dispose d'orifices pour la pénétration de l'eau sur le côté qui doivent empêcher de fuser dans le courant et un poussoir à soufflet agit sur la membrane (plus de ressort)

La soupape d'expiration en silicone est plus grande : 3 cm au lieu de 2 cm (+ 50%) elle est largement dimensionnée ce qui permet un grand débit expiratoire pour une faible résistance et améliore ainsi le confort respiratoire. Si passage en débit continu, la surface de la soupape doit permettre l'évacuation de tout le volume d'air vers l'extérieur plutôt que vers les poumons…
Nouvelles moustaches également avec section extra large pour évacuation plus faciles des bulles.
Et surtout un nouveau système d'injection appelé **injecteur droit** : l'air admis fuse par 2 orifices :
l'un est prolongé d'un petit tube plastique qui conduit à la tubulure de l'embout avec un coude à 90°, l'autre dirigé vers la chambre limite la dépression (effet de trompe) – les embouts caoutchouc n'ont pas de colliers (rentré à force) ni de sangle tour de cou.

3ème nouveauté : le **50/10** – (le **50/20** n'existera pas car un siège 17.5 est fourni d'origine) – **50/30** version DIN 300b
Ce modèle est semblable au niveau de 1er étage au **40/10** à l'exception de la molette de réglage de la MP et du bouchon d'extrémité qui sert d'enjoliveur.
Le 2ème étage avec le nouveau boîtier dispose pour sa part d'un réglage manuel de sensibilité (apparu chez les copains en 1969) – cette molette ne comprime pas un ressort mais joue sur la surface du trou de sortie de l'effet de trompe (ou optimisation de l'effet venturi selon la densité de l'air) en jouant sur l'ouverture et la fermeture de l'orifice – c'est un modulateur de sensibilité – il faut 5 tours pour fermer l'orifice.
C'est le 1er 2ème étage à réglage externe disponible chez LA SPIROTECHNIQUE.

1979 – l'**ALIZE S** disparaît du catalogue (on reviendra sur les modèles réduits dans quelques années)

Matériel pour les clubs en remplacement des bons vieux SPIRO 8 et jeunes 20/10 avec simplicité d'entretien et faible prix. La tendance est à l'internationalisation des raccords (3/8)

1980 - 2 modèles nouveaux remplacent le **20/10** : les **SPIRO CLUB** et **SPIRO 25/10** (**25/20** et **25/30** selon les raccordements). Le corps est entièrement cylindrique pour ces deux modèles mais plus de tourelle rotative – il n'y a qu'une différence entre eux : sur le **CLUB**, l'étrier est fixe (donc franco-français) et sur les **25/10** il est rotatif (tournant). Le piston n'est plus en plastique mais en inox et de petit diamètre (comme sur le MK2 1ère génération…) – le réglage de la MP se fait par extérieur et l'arrière du détendeur par ressort supplémentaire qui appui sur la tête du piston (comme sur un détendeur à membrane, ce qui est plus simple pour le réglage – le siège HP est fixe et son remplacement est impossible sans changement du corps.
Les 2ème étage sont similaires au modèle précédent avec arrivée à gauche du plongeur et pas de modèle réglable. Entretien très simple, robuste, fiable et destiné comme son nom l'indique à l'utilisation dans les clubs.

1981 – Modernisation des corps des **CLUB** et **25/10** qui abandonnent leurs formes cylindrique tout en conservant les mêmes mécanismes internes. Cure d'amaigrissement importante donc gain de poids en gardant les mêmes composants.

modifications importantes sur tous les 2ème étages – ils disposent à présent d'un nouveau système d'injection appelé : **injecteur courbe** , la membrane principale est en silicone (plus souple) ce qui facilite son déplacement. L'arrivée de l'air s'effectue maintenant par la droite du plongeur conformément à la norme internationale.
Les composants internes et notamment le levier qui est à rapport variable (il permet avec un faible débattement de la membrane en début d'inspiration d'avoir une ouverture maximum du clapet) et la nouvelle membrane sont prévus pour optimiser le débit, le point de décollage et la réduction des frictions par un téton en téflon qui est en contact avec le disque de la membrane – grosse modification du siège BP qui reste non réglable, mais ne sert plus à solidariser l'ensemble. Ce modèle sera presque similaire sur toute la gamme des 2ème étage non compensé (métal ou non) jusqu'à l'arrivée d'un siège réglable sur le modèle **MICRA** de 1991.
Toutes les pièces sont métalliques et forment un ensemble rigide.
Un écrou « nylstop » empêche un dérèglement de la hauteur du levier (remplace les 2 écrous des anciens modèles).

Nouvel embout buccal pour le confort en bouche
Ces 2èmes étages équipent **les 40/10, 25/10** et **CLUB** – une version **« 25 »** tout court remplacera les **25/10, 25/20** sera disponible uniquement en version DIN et sera en tout point similaire aux autres boîtiers.

Nouvelles moustaches profilées sur ces nouveaux modèles pour « désign » et évacuation des bulles loin du champs visuel.
Modification également sur le modèle **50/10** réglable , un crantage (5 positions sur ¼ tour) permet de régler la sensibilité (compensation manuelle) et sera techniquement différent du 1er modèle.

Les détendeurs à membranes sont plus simples à fabriquer, moins chers et les plongeurs aiment les eaux froides sans risque pour leur matériel – on pense déjà au givrage avec l'augmentation du débit d'air.

1982 – Nouveau 1er étage compensé à membrane (depuis l'**AQUILON**) le **SPIRO PRO** - la compensation est en ligne, cad l'arrivée d'air et le mécanisme sont dans le même axe – il offre une grande aisance respiratoire, absence d'entretien car le mécanisme est protégé du milieu ambiant par la chambre sèche – on retrouve la même membrane de l'**AQUILON**, le clapet HP est en néoprène sur la première version (il y en aura 4 et grosso modo 1 par an de 1982 à 1985 – les **PRO 1 à 4**). Le siège est toujours solidaire du corps HP comme sur les modèles **SPIRO CLUB,** son remplacement est impossible en cas de marquage.
Une nouveauté importante : il existe une version FROID avec une chambre délimitée par une seconde membrane remplie d'huile silicone : la version **PRO S**.
Les premiers kits d'actualisation sont disponibles pour passer de la série « **PRO** » à la série « **PRO S** ».

Les 2ème étages sont semblables aux modèles existants avec injecteur courbe et en version réglables **PRO RT** et **PRO RS** pour la version froid ; toutes ces versions sont disponibles avec les sièges 18,5 et 17,8 ainsi qu'en DIN ce qui portent à 12 le nombre de modèles possibles pour le « PRO » de la 1ère série.
ça commence à faire beaucoup de références pour un seul détendeur !

les versions 3 et 4 seront également disponibles avec des 2ème étage XL de 1984 (noir ou jaune) ce qui portera à 24 les références de ces produits … soit un total pour tous les pro(1 à 4) de 12 + 12 + 24 + 24 = 72 modèles distribués …Houps !

Ce modèle recevra au cours des années suivantes des améliorations constantes sur les séries suivantes (remplacement du clapet en néoprène par du téflon nouvellement utilisé pour de meilleures longévité et étanchéité. Changement de la membrane principale qui devient moins épaisse donc plus souple , la chambre de compensation sera visée, le volant et l'étrier actualisé (gros diamètre du filetage de la vis de volant et étrier 230b et prise de sortie HP enfin normalisée en 7/16 à partir du PRO 3 en 1984)……
Cette multiplication des modèles ne facilite pas le SAV par un nombre important de pièces qui varie selon les modèles.

1983 – la SPIRO présente un nouveau détendeur : l'**EXPLORER** et **EXPLORER « R »** (pour réglable avec le 2ème étage du **50/10**) disponible en 6 versions (réglable ou non , DIN , siège F et I).

C'est un détendeur à piston compensé en ligne (le seul de ce type fabriqué) il remplace les **50/10** et **40/10** et conserve leurs 2ème étage – look original à la géométrie des capsules spatiales – orientation des sorties à 22° pour optimiser le flux d'air et limiter les contraintes sur les flexibles.
La simplicité de conception reprend le piston de petite taille du **CLUB** et l'adjonction d'un petit piston de compensation au niveau de la tête du piston principal.

1984 – Grande nouveauté avec l'arrivée d'un 2ème étage en plastique (résine de synthèse) haute résistance aux chocs et rayures, léger en bouche (réduction du poids d'environ 40%), eXtra Light en anglais d'où son nom : le **XL** (un autre boîtier plastique avait déjà existé il y a longtemps : le **CRISTAL** chez un autre fabricant) il sera disponible avec un couvercle noir au jaune. (198g XL pour 328g pour le métal).
Toutes les pièces en mouvement sont montés dans un insert en laiton rapporté au boîtier (et indémontable) – minimum de pièces sur ce modèle : le levier reste le même avec juste un changement du ressort de rappel pour fonctionner avec une MP différente des boîtiers métal – siège toujours fixe, le réglage se fera uniquement avec l'écrou de réglage de hauteur du levier identiquement aux boîtiers métal (ce sera le n°**1 des XL** ; 3 autres modèles suivront de 1 à 4 avec diverses petites modifications) – Un bouton de surpression est disponible avec une butée de fin de course et un ressort, une nouvelle membrane adaptée au nouveau boîtier.
Les trous de compensation hydrostatique se trouvent à présent sur le devant du capot, avec ouvertures plus ou moins grandes selon les modèles (risque de fuser dans le courant ? – meilleur accompagnement de la membrane lors variations immersion ? évacuation de l'eau facilité lors de la remise en place de la membrane en fin

d'inspiration ?) mais augmentation du risque de givrage car les boîtiers métalliques, par leurs conduction permettaient le réchauffement partiel du mécanisme par l'eau ambiante.

Normalisation des filetages sur les flexibles et détendeurs pour répondre au normes internationale qui passe du 14 x 100 français au 9/16 18 UNF au niveau des 2ème étages.

1985 – Disparition définitive du **ROYAL**

Relook total du **SPIRO CLUB** et du « **25** » qui deviennent le **CLUB 2** avec des sièges encore disponibles en 17,8 et 18,5 (comme nous l'avons vu, pas encore fini les systèmes franco-français 30 ans après le **MISTRAL**).
Le corps du détendeur sera semblable à l'**EXPLORER** avec orientation des flexibles : 5 sorties espacées de 72° (4 MP 3 /8 et 1 HP 7/16 normalisé), le siège HP en inox est à présent démontable et permet son remplacement.
Le nouveau piston a une surface surdimensionnée pour limiter la baisse de la moyenne pression par démultiplication de la MP sur la surface du piston et un nouveau ressort avec préréglage en usine à 9,2b (pas de réglage extérieur : qualité mécanique des ressorts plus fiable et supérieure aux anciens modèles) – pour un bon fonctionnement de l'ensemble, les valeurs de moyenne pression sont différentes entre les boîtiers métal et synthétique.
Le filtre est toujours le modèle rond plat.
Il sera disponible avec le nouveau boîtier de 2ème étage **XL** ou les modèles métal à injecteur courbe.
A la fin de 1985 , il n'y aura plus de modèles de 2ème étage tout métal disponibles à la distribution : c'est la fin d'un époque. Voici l'hère du plastique aux couleurs vives !

A la fin de cette période, nous trouvons donc :

- le **PRO 4** compensé à membrane (+ **R – RS – RT**)
- l'**EXPLORER** compensé à piston (+ **R**)
- le **CLUB 2** non compensé à piston avec 2ème étage **XL1**
-

les plongeurs veulent à présent du matériel léger à allure moderne et adaptation de leur matériel sans adaptateur quelconque. Ils sont de plus en plus nombreux – la normalisation des raccords flexibles a été faite progressivement. Le suivi du SAV pour l'entretien de leur matériel est important à leur yeux.

Nota : A partir du **PRO 3,** nous disposerons de protecteurs de flexibles de série pour garantir la longévité des tuyaux et les préserver des courbures mais seront également des pièges à poussières qu'il faudra entretenir et nettoyer correctement.

et ont disparut durant cette période :
20/10 – 40/10 – 50/10 – SPIRO CLUB – toutes les séries **25 – PRO 1 à 3** - **boîtiers à injecteur droit** et tous les détendeurs de la « 1ère génération » : **ROYAL MISTRAL** , **AQUILON**, **SPIRO 8**, **ALIZE**, **SPIROLUNG** avec leurs boîtiers de 2ème étage respectifs

Et pendant ce temps là , chez nos amis américains : (ils ont pris de l'avance technologique qu'il va falloir rattraper rapidement)

1979 – **AIR 2** 1ère génération

2ème étage **AIR 1** : amélioration du **PILOT**

kit environnemental des 1er étage

1981 – kit SPEC pour eaux froides

2ème étage **HP** (High Performance)

1983 – Le fameux 1er étage **MK10** piston compensé grosse amélioration des **MK4 et 5 –** modification importante du piston en particulier – **LE DETENDEUR DE REFERENCE** (toujours d'actualité de nos jours !)

1985 – 2ème étage compensé métal : automatique avec réglage de sensibilité **(balanced**)
des kits d'actualisation pour transformer des adjustables en balanced sont disponibles

3ème période : 1986 – 1997 - L'avènement du plastique et les années fun

Comme en 1978, une toute nouvelle gamme va voir le jour – c'est le renouveau et le remplacement des modèles métalliques.
Les inserts démontables sur les robinets sont à présent enfin disponibles et tous les modèles futurs seront également disponibles en version DIN pour branchement sur les robinetteries Françaises.

1986 – Améliorations du boîtier 2ème étage **XL1** qui devient le **XL2** (un bouchon démontable permet le réglage de la hauteur du levier sans démontage du couvercle : très utile pour les réglages. Changement des moustaches d'expiration (déflecteur) qui dirigeront les bulles d'expiration hors du champs visuel.
Apparition d'une languette de réglage dans l'embout buccal, système breveté qui minimise l'effort inspiratoire et améliore l'écoulement du flux d'air en remplacement de l'injecteur en plastique – le choix de l'emplacement optimal de cette languette dans les rainures appropriées est déterminé après passage sur banc d'essai. (annule les turbulences ?)

Course à la performance
On veut plus de débit – très simple : on augmente les sections de passage de l'air (gros trous, gros passage, gros piston, gros clapet ….. et refroidissement en conséquence – Et nous allons nous-même et volontairement augmenter le risque de givrage !)

Elaboré par le bureau d'études, le cahier des charges imposait un détendeur à la fois très simple, fiable et performant dans toutes les conditions et capable de procurer un confort respiratoire total lorsque la pression de la bouteille est inférieure à 30b.
Nouveau venu qui remplace la série des **EXPLORER** (compensé à piston) : l'**AQUALUNG** – il dispose d'une tourelle rotative 360°, non revue depuis le **40/10** qui donne au plongeur une grande liberté de manœuvre, 5 sorties MP (une à la partie supérieure de la tourelle dans l'axe de l'arrivée du flux d'air) et 2 sorties HP pour orientation du manomètre à droite ou à gauche – nouveau piston (type MK5) et ressort sont en acier inoxydable – la compensation associée à un piston de grand diamètre et à un ressort de grande longueur et de haute précision confère une très grande stabilité de la moyenne pression – Le clapet HP est de grande taille pour permettre un meilleur débit et une étanchéité parfaite (il est également réversible)– le siège également de grande taille est formé par la queue du piston.

Il sera disponible avec le 2ème étage XL2 ou en version Réglable avec le modèle boîtier métallique et capot en résine de synthèse qui équipait le **PRO 4** en version réglable.
Les bouchons sont toujours démontables par vis
Nouveau flexible MAXIFLEX (société Française MANULLI) en 3/8 noir qui est très souple et léger, fabriqué en élastomère de synthèse (polyuréthane), 5 fois plus résistant à l'éclatement que les flexibles traditionnels, permet également un meilleur débit (meilleur passage d'air pour une résistance équivalente : l'écoulement s'effectue plus librement).

Nouveauté : **Filtre conique en bronze chromé** pour plus grande surface de filtration (de 1 à 3) et son temps d'encrassement est diminué d'autant - FILTRER PLUS POUR RESPIRER PLUS … – c'est une pièce maîtresse du détendeur qui risque de perturber considérablement son bon fonctionnement par écoulement du flux d'air HP en cas de saturation par la rouille (marron) ou la présence d'eau (vert) ou autres corps provenant de la bouteille (huile et particules) – pour cela, il est visible à l'œil nu, facilement remplaçable au besoin par l'utilisateur après une série de plongées « exotiques » (ce ne sera plus le cas sur les modèles modernes…car ce dernier deviendra invisible ; dommage !).

1987 - Encore une amélioration sur le 2ème étage **XL2** qui devient le **XL3** : la membrane d'expiration devient ovale ! et augmente sa surface pour encore réduire l'effort expiratoire (il donne 40%) – un large choix de coloris du capot est proposé : 7 différents.

Pour un plongeur loisir, utiliser du matériel prévu pour la Marine Nationale lui apporte une assurance supplémentaire

1988 – Sortie d'une 1ère version du nouveau modèle destiné à la Marine Nationale : le **SUPRA** avec 1er étage compensé à membrane qui remplace à son tour les modèles **PRO 4** de l'ancienne génération – les plongeurs loisirs utilisent du matériel militaire ! donc du costaud.
La membrane et le clapet HP viennent des derniers **PRO** et surtout le siège HP est démontable, donc remplaçable - 3 sorties MP 3/8 et **1 en** ½ (gros diamètre de raccordement) MAXIFLEX car à l'époque, la technique ne permettait pas encore un sertissage efficace des flexibles hautes performances sans en augmenter le diamètre, donc la réduction de la souplesse - 2 sorties HP pour raccord des manomètres.

Disponible également avec une chambre sèche identique au **PRO S** pour la plongée en eaux froides ou chargées avec bain d'huile silicone « **SUPRA S** » - les vis des sorties HP et MP sont remplacées par des bouchons 6 pans creux, plus facile à démonter en cas de serrage excessif. – réglage de la MP par vis extérieure identique à tous les modèles à membrane.
On revient à une arrivée d'air HP « perpendiculaire » non revue depuis l'**AQUILON** … retour aux sources ?
Poids du 1er étage : 970g non négligeable – **système TURBO** sur 3 des 4 sorties MP (ce sont des orifices calibrés situés entre la membrane et les sorties. Ils permettent à la membrane de sentir la chute de la moyenne pression causée par l'inspiration et d'anticiper l'ouverture du système siège-clapet du 1er étage pour stabiliser la MP et réguler l'injection en augmentant le débit lors de forte consommation d'air. Le détendeur est alors plus réactif et fonctionne parfaitement lorsque les conditions sont difficiles). C'est une utilisation de l'effet de trompe.

PS : le modèle PRO de 1984 disposait déjà de cette nouveauté mais avec un petit orifice et 1 seule sortie en était équipée - on peut également appeler cela effet de trompe au 1er étage.
Selon les marques, le système TURBO s'appelle HFP ou DFC…c'est pareil et c'est marqué dessus !

Il est équipé du 2ème étage **XL4** qui remplace depuis cette année la **XL3** et comporte un nouvel embout buccal ergonomique COMFO pour supprimer toute fatigue musculaire des mâchoires et rend ainsi plus discret le détendeur (orthodontique) - une rondelle anti-usure en plus et retour de l'injecteur en plastique du n°1….

1989 - Relook général des corps du **SUPRA** et du **CLUB 2** qui quitte sa version « spatial » en gardant tous ses composants.
Changement de la vis d'étrier et de l'étrier qui passent compatibles à 230b (gros diamètre) et filtre conique à l'entrée.

1990 – 2ème étage **ARCTIC** associé au **SUPRA « S »** pour utilisation en eaux froides dérivé de la BP **XL**
Le levier, pièce sensible est éloigné de la source de froid et en look, un capot blanc pour l'hiver.
Le bouton de surpression est toutefois plus large pour faciliter l'utilisation avec des gants épais.
Ce modèle a été utilisé par Luc Besson pour ses prises de vues sous glaces lors du tournage du Grand Bleu.

1991 – 2 modèles font peaux neuves : le **CLUB** et l'**AQUALUNG** – nouveaux capots sur les 2ème étages (gris à la place de jaune) avec bouton poussoir intégré au couvercle et absence de ressort – tous les bouchons à vis sont remplacés et modification du piston du **CLUB 2** (devient au passage le **CLUB 4**) qui s'allège pour une meilleure inertie et une bonne répartition de la MP sur la tête de ce dernier.

Sur l'**AQUALUNG**, reprise d'un système qui fonctionne bien sur le **SUPRA** : une sortie MP en diamètre ½ avec utilisation du flexible haut débit – des entrées d'eau plus importantes sont disposées au niveau de la chambre humide pour une meilleur circulation hydrostatique et diminuer les risques de givrage - Trous de diamètre plus importants, et décalés sur le support de cette tourelle permettent une plus grande circulation du flux d'air – plus que 4 sorties MP disponibles (au lieu de 5) – nous sommes également passé avec un étrier et une vis compatibles 230b.

Le retour des modèles réduits – depuis la disparition de l'**ALIZE** en 1979, nous revenons à la guerre au poids et au volume, donc réduction de ces derniers d'environ 50% et surtout sans pertes de performances : le **MICRA** (filiale US Divers – une version avec réglage de sensibilité sera disponible aux USA) – il ne sera disponible qu'avec le **SUPRA** et un flexible gros débit en ½.

Deux nouveautés de poids sur ce boîtier léger :

- un volet de réglage « venturi » est positionné sur la partie supérieur du boîtier (c'est le premier modèle disposant de ce réglage externe chez LA SPIRO) qui oriente le flux d'air et permet de l'ajuster selon les besoins en plongée et évite les passages en débit continu – sur les BP **XL** et **ARCTIC** ce réglage est fixe par la languette intégré dans l'embouchure.
- un siège MP démontable et réglable (le 1er également chez SPIRO) qui permet un ajustement parfait de la valeur de décollage et garanti un meilleur confort ventilatoire (jusqu'à présent, cette valeur n'était réglable que par l'écrou nylstop à l'intérieur du boîtier qui positionnait la hauteur du levier).

Notons qu'en règle générale, la réduction de la taille du boîtier (volume intérieur réduit), donc de la membrane principale se fait au détriment des performances globales du détendeur. L'effort appliqué à l'inspiration sur le levier par la membrane est proportionnelle à la taille de cette dernière – sur ce modèle, le levier « classique » est remplacé par un levier spécial en forme de tige. La taille du boîtier et sa configuration oblige à disposer de petites soupapes d'expiration qui sont au nombre de 2 pour conserver un effort minimum et une bonne surface.

Le **MICRA** (ou plutôt la **SPIROTECHNIQUE**) sera élu au prix de « qualité France » de l'année 1993 et sera très apprécié des modèles de photographes sous marin par leur encombrement réduit.

Pour un bon confort respiratoire n'oublions pas que nous avons besoin d'un minimum de volume tampon (boîtier du 2ème étage et capacité du flexible MP) pour éviter l'effet interrupteur à l'inspiration – temps de réponse pour que la baisse de MP provoque l'ouverture du 1er étage.

Egalement une modification sur la BP **ARCTIC** qui dispose maintenant d'échangeurs thermiques pour élimination des frigories de chaque coté du boîtier et du siège MP réglable.

1993 – Une rotule orientable à 360° est disponible pour laisser plus de liberté de manœuvre mais favorise quelques pertes en charge. (trajet de l'air perturbé)

1994 – Les avantages du piston sans ses inconvénients : la réponse s'appelle le **PIONEER** et le **NORDIC** pour sa version eaux froides avec BP **ARCTIC**. Ils sont conçus pour résister aux multiples agressions du milieu extérieur – adaptation aux eaux polluées et chargées – technologie identique à l'**AQUALUNG** avec 4 sorties MP La compensation est oléo-pneumatique : protection du piston en permanence grâce à un bain d'huile silicone qui l'isole du milieu ambiant par l'adjonction d'une membrane étanche – il est équipé de la BP **XL4** ou en version **NORDIC** avec la BP **ARCTIC**.

Un nouveau flexible PULSAIR remplace celui en MAXIFLEX – Il est encore un fois plus souple et assure un débit instantané important grâce à un diamètre surdimensionné – utilisation de nouveaux matériaux à utilisation médicale, résistant à l'abrasion, à la coupure et aux ultra-violets – il offre un débit de 30% supplémentaire et ne nécessite pas de sortie en diamètre ½. mais standard en 3/8.

C'est donc le 1er détendeur à n'être disponible qu'avec un seul siège de raccordement International en 17.8 pour branchement sur toutes les bouteilles de plongée ! tout arrive…

Arrivée de la Norme Européenne : La fameuse **EN 250** – composants d'un scaphandre autonome selon cette norme : bouteille d'air avec robinet ; détendeur constitué d'un réducteur de pression (1er étage) et d'un dispositif d'alimentation régulé à la demande (2ème étage) – dispositif de sécurité (manomètre) – système de transport (gilet) et manuel d'utilisation dans la langue officielle du pays de destination.
Elle fixe les conditions d'essai avec un banc de test spécialisé qui simule la respiration avec des valeurs fixes sous pression :

- profondeur simulée de 50 mètres et pression bouteille de 50 bar
- eau douce 10°C et durée de 5 minutes (après stockage entre 18 et 25°C) – eaux froides : 4°C
- débit ventilatoire de 62.5 l/mn (25 respirations par minutes avec volume courant de 2.5 litres) à 1b
- débit ventilatoire à 50 mètres : 62.5 x 6b = 375 l/mn de débit réel

Les pressions respiratoires positive (surpression pendant expiration) et négative (dépression pendant inspiration) ne doivent pas dépasser 25 mb – travail respiratoire max : 3 Joules/litre et pression inspiratoire positive max de + 5 mb (effet venturi à limiter pour ne pas passer en débit continu – les détendeurs sont donc « bridés »).

1995 – Disparition de **l'AQUALUNG** remplacé définitivement par le **PIONEER**
Importantes modifications sur les boîtiers de 2ème étage : remplacement du célèbre **XL4** de 1988 par le nouveau **XP** (pour eXtra Performant) – on revient à une membrane d'expiration ronde, l'injecteur d'air est à présent démontable ainsi que l'insert ce qui favorise l'entretien et le remplacement des pièces. Une nouvelle membrane sans masselottes qui limitent les vibrations, plus souple, de nouvelles moustaches et clef d'alignement sur le boîtier pour éviter un démontage intempestif.

Il équipe les modèles existants : **SUPRA**, **PIONEER** et **CLUB 4** qui a encore rechangé de nom et l'évolution devient le **RANGER** après petites modifications esthétiques**.** Il reçoit au passage un meilleur système de filtration par addition d'un joint torique sous la base du filtre, obligeant l'air à passer par le filtre plutôt que par les côtés.
Nouvelles couleurs et inscriptions sur les boutons de surpression.

Nos photographes et surtout les modèles veulent du matériel petit, compact, léger et les autres aimeront les réglages de la sensibilité en toute circonstance.

1996 – disparition du **MICRA** après une brève existence (ne correspond pas aux exigences de la nouvelle norme..) et apparition du nouveau **XR2**, également un modèle réduit par rapport au **XP**. Il est équipé d'une molette de réglage de sensibilité qui permet de régler la valeur du décollage par la compression d'un ressort et d'un volet de réglage de l'injection, (1er détendeur à réglages multiples) ce qui permet de modifier les caractéristiques et performances à la demande. Autres avantages : il est réversible droite ou gauche sans réglages annexe (pour les amoureux des vieilles FENZY, les arrivées d'octopus à gauche, ou personnel handi), bonne résistance au givrage grâce à un insert en laiton monobloc qui optimise les échanges thermiques et dont la conception assure un alignement parfait des pièces en mouvement, réduisant ainsi le travail à l'inspiration.

Il dispose d'une nouvelle membrane adaptée à la forme et taille du boîtier et un outillage spécial permet son démontage. La forme du nouveau levier réduit la surface de contact avec le disque de la membrane en diminuant les frottements – le boîtier est ultra robuste en polyamide chargé de fibre de verre, très léger en bouche, et la forme des moustaches est étudiée pour le confort visuel optimum.
Il sera disponible avec les **SUPRA** et **PIONEER.**

1997 – Nouveau clapet HP sur le **SUPRA** en matériaux synthétique et métallique conçu pour fonctionner à très haute pression (300b) mais également avec des mélanges enrichis.
Egalement disponible une nouvelle gamme de détendeur pour les mélanges enrichis : la gamme **NITROX**
Elle comporte le **SUPRA**, le **RANGER** et ce dernier sera également disponible en version **OXYGENE**
Matériel dégraissé et compatibles 100% O2 avec graisse et joints adaptés – Début de la plongée TEK…

Et comme d'habitude, ou en sont nos petits copains ?

1986 – 2ème étage **D300** et **G250** (compensés et réglables)

1987 – le fameux **R190**

1988 – 2ème étage **M5**

1990 – inflateur respirateur **AIR 2** 3ème génération

1991 – 2ème étage **D350**, amélioration du D300

1993 – 2ème étage **M5 POLAR** pour eaux froides

1994 – 2ème étage **D400** améliorations finales du D350

1995 – 1er étage **MK20 , l'EXCELLENCE** et qui sera **la référence mondiale** en matière de piston (EVOLUTION DU MK10 et 10+) et déjà « SUR COMPENSE » ……

4ème période : 1998 – 2008 – les temps modernes

Recentrage des produits avec nouveaux changements des gammes et d'appellations.
A partir de cette année, la marque **AQUALUNG** regroupe sous une seule et même bannière les noms de « SPIROTECHNIQUE – U.S DIVERS – SEA-QUEST et TECHNISUB » (le nom de **SPIRO** quitte définitivement les catalogues et autres logos publicitaire. C'est la fin d'une époque…)
A noter également que les clefs utilisées pour la manipulation des flexibles passent aux normes Américaines (ce n'est plus la clef plate de 14 ou 17 bien française !) et les références des joints des kits d'entretien sont à présent multiples (2 voir 3)… et pour une même correspondance, il ont toujours actuellement des prix différents ! moins facile à se repérer pour les agents d'entretien du SAV. Le passage à l'air moderne sera pavé de quelques difficultés supplémentaires…
(nota : nos amis SCUBAPRO, pourtant bien américains utilisent les clefs plates standard… PS : les flexibles sont fabriqués en Italie, donc en Europe…et les joints n'ont qu'une référence. c'est quand même plus simple.)

1998 – Le fameux **RANGER** avec son boîtier **XP** est remplacé par la gamme **CALYPSO** qui se compose du traditionnel 1er étage piston non compensé relooké encore une fois et surtout d'un nouveau 2ème étage : le **XLC** (le C pour Compact) dérivé directement du **XR2** – celui ci est réversible droite-gauche, possède un volet de réglage de venturi, dispose d'un nouveau logement du clapet avec palier anti-friction, d'un levier modernisé et toujours un siège réglable.
Le capot est facilement amovible à main nues, entièrement souple pour un entretien courant (rinçage sérieux) et de nouvelles moustaches.

La gamme **COUSTEAU** se compose de l'ancien **SUPRA** légèrement modifié équipé du nouveau **XLC** ou du **PERFORMA** qui est une évolution du **XR2** (accroissement de la surface du volet venturi et de la plage de réglage de sensibilité pour encore réduire l'effort au décollage). Une mise à jour gratuite du **XR2** vers **PERFORMA** est disponible chez les revendeurs. Au lieu d'avoir des améliorations sur les produits en donnant un nouveau numéro (comme XL1 à 4), nous aurons à présent un nouveau nom complet pour des améliorations des mêmes produits.
La version eaux froides est disponible avec le **PERFORMA** équipé d'échangeurs thermiques et devenant ainsi le **CRYO** qui équipe le **SUPRA D** qui dispose d'une chambre sèche avec piston à la place de l'huile silicone de la version **S**.
Seul survivant des « gros boîtiers » : l'**ARCTIC**

Disparition des **PIONEER,** dernier modèle à piston compensé fabriqué par la **SPIRO** (sortie en 1994**).**
PS : Dans les modèles compensé à piston, le prix du piston seul est très important et les côtes de fabrications très sévères et un usinage précis en font un produit cher à fabriquer, en clair pas rentable commercialement.

Une nouvelle gamme voit également le jour : celle des **TITAN** avec 1er étage compensé en ligne à membrane (nous retrouvons les fameux **PRO** bien connus légèrement modifiés avec le siège HP démontable) – petit effet TURBO au niveau de la membrane du 1er étage, relook moderne et c'est reparti pour plusieurs décennies …
Cette gamme sera donc disponible avec les **PERFORMA, XLC** et dans en version **TITAN « D »** eaux froides avec le **CRYO.**

Un nouveau clapet HP, le « Bleu » en polymère est monté sur tous les détendeurs à membrane et équiperont dans l'avenir l'ensemble des détendeurs AQUALUNG à membrane.

1999 – le 2ème étage **IMPLUSE** remplace les **PERFORMA** et la version **IMPULSE CRYO**, celle du **PERFORMA CRYO** – rien de bien nouveau à part la face avant du boîtier et la molette de réglage plus longue..
C'est la fin de l'**ARCTIC** qui est remplacé par le **GLACIA** sur la base d'un boîtier XLC associé au **COUSTEAU** et **TITAN** en version **D –** idem à l'ARCTIC intérieurement avec levier déporté, barrage et échangeurs thermiques et traitement de surface pour éviter la fabrication de cristaux de glace suite expiration.

Retour de la gamme NITROX avec les modèles **CALYPSO** et **COUSTEAU.**

2000 – Sortie définitive de l'**IMPULSE CRYO** qui faisait double emploi avec le **GLACIA**

2001 – Le dernier 2ème étage à compensation manuelle l'**IMPULSE** , est remplacé suite à l'apparition sur le marché du 1er 2ème étage de la gamme à compensation automatique : le **LX** (pour luxe) qui équipe les **TITAN** et **COUSTEAU –** A noter sur ces nouveaux 2ème étage le changement du siège BP ! – donc une nouvelle référence par rapport à tous les sièges mobiles existants …. (why ? : type APEKS ? soupape sécurité ?) bref, à nouveau multiplications des pièces de rechanges …
Pièces en technopolymère avec fibre de carbone pour augmenter la résistance à l'oxydation, léger, très solide et compact sur la base du **XLC**, volet venturi en ligne (ce qui empêche une possibilité de réversibilité droite/gauche) mais augmente les performances du volet et il devient facilement manœuvrable avec des gants, apparition d'échangeurs thermiques même pour les versions « non froides » et capot très souple – des emplacements prévus sont prévus sur le haut du boîtier pour positionnement des doigt et assurer une bonne tenue lors d'une assistance. Un nouveau levier en « patin à glace » diminue et limite tous frottements et qui sera renforcé sur les modèles suivants pour éviter toute déformations.

Inconvénients de la compensation automatique au 2ème étage :

- De nouveaux frottements par un joint torique dans la chambre de compensation ; cette dernière est un espace confiné où peuvent s'accumuler les impuretés et perturber le bon fonctionnement général.
- Grande précision dans l'usinage des pièces à fabriquer
- Ressort nécessaire toutefois car la force est très faible mais non nulle
- Si fuite au niveau du 1er étage et parfaite compensation au 2ème, risque d'explosion du flexible MP (soupape de sécurité jouée par joint torique autour du siège)
- Confort identique tout au long de la plongée, on oublie de regarder le mano…

Un seul matériel super performant quelque soit la profondeur, les conditions de plongée et toutes situations, look avantageux. LE top possible.

2002 – Nouveau 1er étage qui fera référence en qualité de matériel et faisant référence au Cdt : le **LEGEND**
De type compensé à membrane rappelant étrangement le concept du **SUPRA** , il dispose néanmoins de nouveautés intéressantes :
La célèbre **« SUR COMPENSATION »** au 1er étage …. De nombreuses notes ont été rédigées à ce sujet.
En bref rapidement : augmentation de la MP non proportionnelle à la Pabs ; La MP augmentant plus vite que cette dernière, elle facilite le travail respiratoire lors de grande profondeur et atténue artificiellement l'augmentation de la densité des gaz. C'est une « amplification hydrostatique » : à 60 mètres, la MP à augmenter d'environ +2b par rapport à la pression ambiante (cad : au lieu des 7b + 10b de MP , nous aurons grosso modo 19b).
Pour information : coefficient multiplicateur de 1.36 par rapport à Pabs.
Elle justifie et impose l'utilisation d'un détendeur compensé au niveau du 2ème étage sous risque de fuite (également pour l'octopus associé).

Gros travail côté look avec fourreau de protection et couronne argent, or ou noir selon les modèles ; reprise du système TURBO mais avec 2 sorties uniquement par rapport au **SUPRA** et il sera décliné comme d'habitude en plusieurs versions : eaux chaudes et froides : **SUPREME** – boîtiers 2ème étage standard (qui est la version Luxe du **TITAN** – rappel : pas de BP non compensée) ou en version « super luxe » qui comprend alors en plus un réglage manuel qui permet de faire varier la charge du ressort et de contrôler encore plus précisément la valeur de décollage. Ils seront différentiés par des couleurs des couronnes au niveau des 2ème étage et des inscriptions gravées sur les boîtiers.
En version eaux froides, il dispose d'une protection amovible pour les lèvres.

Modèles disponibles : **LEGEND** et **LEGEND SUPREME** – **LEGEND LX** et **LEGEND LX SUPREME**
De nombreuses améliorations (UPGRADE) seront mises à jour lors des contrôles périodiques tout au long de sa commercialisation sans prévenir les utilisateurs qui auront ainsi en permanence un matériel renouvelé selon les dernières « trouvailles » techniques des bureaux d'études. Toutefois, le démontage du siège HP est moins facile que sur le **SUPRA** en cas de légère corrosion de ce dernier.
Le **COUSTEAU** qui sera prochainement remplacé par ce modèle n'est plus disponible qu'en version « D » avec le **GLACIA –** rien de nouveau pour les **TITAN** et **CALYPSO**

Plus de modèles compatibles NITROX proposé .. Attente déjà des normes en 26/2 ?

2003 – Changement de look des capots des 2ème étage sur les **XLC** et **GLACIA** seront les seuls variations notables pour cette année.

2004 – Nouveautés avec modifications sur le **CALYPSO** qui prend l'appellation de **NEW CALYPSO.**
Changement du piston qui s'allège pour gagner en inertie et est modifié à sa base, plusieurs trous important au niveau de la compensation hydrostatique permettent un très bon rendement de ce détendeur en eaux froides – facilité de démontage sans outillage particulier et nouveau filtre type « **LEGEND** ».
Refonte également des boîtiers 2ème étage qui disposent d'un venturi en ligne, identique au LX pour injection maximum (boîtier non réversible à présent), de nouvelles moustaches avec accès rapide à la soupape d'expiration – elles sont sensées fragmenter les bulles d'expiration et diminuer le bruit …pourquoi pas.
Pour le réglage, nécessité de redéposer le capot et la membrane après réglage de la valeur de décollage.. moins facile.

Nouvelles familles de détendeurs compatibles **NITROX** disponibles … en DIN 26/2 : **LEGEND, TITAN** et **CALYPSO.**

2005 – 50 ans, ça se fête avec un petit clin d'œil à l'histoire
Mais oui, il est revenu ! le **MISTRAL Nouveau** avec ses doubles tuyaux – les nostalgiques, photographes, biologiques et autres chercheurs de sensations rétro sont servis. – une nouvelle gamme également : **XTREM**
La partie principale du détendeur est le corps du **TITAN** avec 2ème étage accolé pour permettre la sortie des bulles dans le dos et préserver ainsi l'audio et la vision.
Le temps de transit de l'air dans la tuyauterie permet également son réchauffement partiel.
Modèle luxe avec boîte en acajou disponible moyennant finances ….
Attention aux échanges d'embout potentiel, car pas de bouton de surpression … grand confort toutefois au niveau de l'embout qui est important et comporte un AQUASTOP moderne - flottabilité nulle des tuyaux annelés. Et retour des inconvénients des 2 tuyaus.

2006 – protection automatique du 1er étage **LEGEND** contre les entrées d'eau, les contaminations et le préserver du milieu ambiant : l'**ACD** (Auto Close Device) disponible sur les versions DIN et étrier.
Le passage de l'air n'est possible que lorsque le détendeur est connecté à la robinetterie – cette disposition permet également la rotation du détendeur sous pression sur la robinetterie sans risque de desserrer la retenue qui occasionnerait des fuites. Nécessite un outillage d'entretien particulier et augmentation du nombre de pièces détachées, mais grande efficacité – aucune pénétration d'eau ou de pollution quelconque dans la chambre sèche ce qui limite tout risque de fuite.
Ce système impose le remplacement du filtre standard de la version non ACD par un modèle « réduit » invisible à l'oeil nu et qui risque de s'encrasser plus rapidement, car généralement, les impuretés se trouvent déjà dans le fond du bloc... Problème de place ?

Pour de l'eau plus froide que froide

Un petit nouveau : le **LEGEND GLACIA** (série **XTREM** avec le **MISTRAL new**) spécifique eaux froides qui remplace les **TITAN** et **COUSTEAU GLACIA** .
Son couvercle est en métal (aluminium anodisé) pour élimination des frigories et empêcher une déformation du boîtier due à la température de l'eau ambiante – radiateur thermique important sous formes d'ailettes au niveau de la chambre sèche et le flexible MP comporte également un échangeur thermique en son milieu.
Nota : des améliorations sur l'architecture interne des boîtiers LX sont disponibles sur les nouveaux modèles ; une languette de déflection à coté de la soupape d'expiration permet de canaliser l'eau de condensation.

Un seul réglage unique pour tout gérer

2007 – D'après une technologie déjà bien éprouvée de la membrane compensée en ligne avec quelques variantes au niveau du 1er étage, un nouveau venu complète la gamme : le **KRONOS**.
Il sera équipé comme le **LEGEND** avec le système ACD et sera décliné en 2 versions : standard ou suprême pour le froid avec chambre sèche. Nouveau volant d'étrier ergonomique.
Surcompensation et faible poids par réduction importante du corps du 1er étage sont des facteurs intéressants – il a un look agréable avec sa couronne métal.

Les grosses nouveautés sont effectuées au niveau de 2ème avec des améliorations notoires : une seule manette commande le réglage de l'injection et règle la valeur de décollage ! (le Dual Cam). Les bulles d'expiration sont guidées hors du champs visuel d'un seul coté et permettent de réchauffer un radiateur thermique pour favoriser sa résistance au givrage.
Petites difficultés pour l'entretien courant car le légo devient compliqué. Beaucoup de pièces imbriquées les unes dans les autres ne facilitent pas la tâche des services après vente de révision….
A noter le retour à un filtre plat « standard » malgré le système ACD.

Trop de poids dans les bagages ! et la réduction du pouvoir d'achat oriente les plongeurs et plongeuses vers du matériel d'avenir.

2008 – Epuré au maximum de son poids en vue des voyages aérien sans perte de performances et avec un look novateur et un modèle spécifique féminin , voici la toute dernière nouveautés : le **MIKRON**
Comme en leurs temps l'**ALIZE** et le **MICRA** , on sait tout faire, petit et bien ! c'est actuellement le plus petit modèle disponible sur le marché et il sait se faire oublier – les photographes et autres voyageurs seront satisfaits et il est surtout disponible en 2 versions : standard et lady en couleur pink vanilla ! - les femmes apprécieront volontiers cette touche féminine dans ce monde masculin…(un peu de douceur quoi !) – il est compensé aux 2 étages et dispose d'un réglage sous forme de molette réduite, avec absence de volet venturi.
Pas de modèle destiné aux eaux froides ni de protection ACD du 1er étage – simplicité, beauté et efficacité.
Un nouveau flexible tressé AQUAFLEX assure une très grande souplesse et une grande légèreté et retour à un filtre de taille raisonnable malgré l'encombrement minimum du corps.

2009 – A suivre et rendez-vous au salon de la plongée en janvier prochain pour les nouveautés.

Notes perso :
Les filtres SPIRO sont en bronze chromé :
- ronds plats et petits sur les COUSTEAU et RANGER/club en DIN – toujours en activité
- Rond plats gros diamètre sur les TITAN et KRONOS
- Coniques fond plat sur les COUSTEAU, RANGER, PIONNEER, CALYPSO 1er modèle
- Coniques plus fins sur les CALYPSO new , LEGEND, MIKRON
- Coniques très petits sur les modèles ACD : LEGEND

soit 5 modèles différents actuellement en service à ce jour . beaucoup pour le stockage (SCUBAPRO n'a qu'1 modèle pour tous ses types de détendeurs….) Un peu de concertation des bureaux d'études SVP !

Un dernier petit coup d'œil pour la route…

1998 – **MK20 U**ltra **L**ight en alliage léger idéal pour les voyages - **MK18 UL – MK14** (le 1er à compensé à membrane) **– G 500 (G250 réduit)**

1999 **– R380 (R190 réduit)**

2000 **– MK18 – MK16**

2001 **– S600 – S550 (améliorations du G500)**

2002 **– MK25 TITANIUM – MK25 – G250 HP**

2004 **– X650 – R390 – R290**

2005 **– S600 CLASSIQUE (boîtier métallique) – MK17**

2006 **– MK11 – S555 – R395 – R295**

2008 **– G250 Vintage – MK19**

3.- INTERPRETATION ET LECTURE DES COURBES

De nombreuses courbes ont existées et sont parues dans les revues techniques pour interpréter les performances d'un détendeur (voir plusieurs types de courbes) – Elles représentent théoriquement la courbe d'inspiration et d'expiration du détendeur. En général et selon les banc de test, sous la forme d'une sinusoïde repliée sur elle même (pour un gain de place du schéma) avec la partie supérieure représentant l'expiration et la partie inférieure l'inspiration ; elle se lit dans le sens des aiguilles d'une montre en commençant par la droite. (sur les courbes récentes).
Nous y trouverons les divers seuils importants qui définiront la forme générale de cette courbe et permettront de calculer au plus précis le travail respiratoire qui sera exprimé en Joules. Cela permettra un « classement » selon les performances obtenues.

Il était initialement prévu que j'utilise les courbes des performances des détendeurs effectuées dans l'eau, mais malgré diverses demandes auprès de la maison mère SPIRO , il ne me sera pas permis d'effectuer mes tests avec leur machine à respirer ; c'est dommage car cela aurait permis d'avoir des valeurs plus réelles et précises – j'ai donc dû trouver un autre moyen pour éditer des courbes comparatives et je me suis procuré une machine à respirer qui sera toutefois sans doute moins performante mais donnera des résultats parlants – il me sera possible de faire varier la pression de la bouteille, de modifier les cycles respiratoires et d'éditer des mesures comparatives sur les mêmes type de détendeurs.
Je recherche la possibilité également d'effectuer ces mesures avec cette machine dans un caisson hyperbar pour faire varier la profondeur « fictive ». à suivre…

Je vais vous présenter une nouvelle courbe qui sera sous la forme d'une sinusoïde et reprendra 2 tableaux représentants pour le premier les performances du 2ème étage comme sur les courbes connues et en nouveauté sur le deuxième tableau celles du 1er étage qui permettront d'observer et de mesurer la baisse de MP lors du travail respiratoire, ce qui est rarement proposé mais me semble important pour le comportement général du détendeur car le 1er étage reste toutefois la pièce maîtresse de l'ensemble. Il suffit de ne pas ouvrir convenablement la robinetterie pour s'en rendre compte.

Une machine à respirer va me permettre d'analyser le travail des détendeurs testés et de comparer les améliorations techniques apportés à leur matériel par les fabricants. Ceux ci apportent et modifient en permanence grâce à leurs bureaux d'études, des caractéristiques pour augmenter les performances des modèles déjà existants. Maximiser les performances et minimiser la complexité sont essentiels à la facilité d'entretien.
Comme nous l'avons vu, au cours des 50 dernières années, la **SPIRO** a mis sur le marché des mécanismes de détente de l'air de plus en plus perfectionnés et sophistiqués (jusqu'à respirer dans de l'eau plus froide que froide..) dans le but d'être en permanence à la pointe de la technologie.
Nous allons dans un second temps avec des courbes expiratoire et inspiratoire suivre pas à pas l'arrivée de ces innovations techniques vues lors de l'historique et leurs incidences directes sur la forme des courbes, ce qui a permis d'obtenir les performances que l'on connaît.

Il peut y avoir des différences de tracé sur le même modèle de la même marque, mais celles-ci s'amenuisent chez certains fabricants. Cela s'explique par les chaînes de tolérances qui s'appliquent à toute construction mécanique.
Le « Clonage » fonctionnant mieux avec des machines très performantes et un contrôle qualité sérieux, ce qui est le cas d'AQUALUNG.
Bien sûr, les performances peuvent s'améliorer après plusieurs plongées (rodage des pièces et réduction des frottements). Une machine à respirer reste toutefois une machine qui est constituée d'un piston et d'un faux poumon qui n'ont rien à voir avec l'élasticité de nos alvéoles pulmonaires.
Le logiciel utilisé peut faire varier les mesures et les plus récents sont aussi les plus précis.

FORME D'UNE COURBE

1er tableau – performances du 2ème étage

- Graduation en millibars (limites de la norme EN250 : + /- 25 mb) qui permettra de calculer le travail total : limite de possibilité de fonctionnement …..
- Expiration partie supérieure de la courbe et inspiration coté inférieur – lecture de gauche à droite
- Seuil d'inspiration qui correspond aux forces que le plongeur doit fournir pour ouvrir le clapet et autoriser la venue de l'air : vaincre la force du ressort du clapet et celle des frottements dus aux pièces mécaniques en mouvement. Plus ce seuil est petit, plus simple est l'inspiration. - il est toutefois nécessaire pour éviter un passage en débit continu et peut être réglable par action sur le ressort de rappel.
- Forme générale de la courbe d'inspiration (elle ne passe pas au dessus du 0 qui correspond à une réduction du travail et à un passage en débit continu à cause du banc de test lui-même) et souvent des oscillations dus au fait que le test ne se passe pas de l'eau – action du volet venturi
- Point de fermeture du clapet et retour à 0

- Seuil d'expiration qui est nécessaire pour permettre l'ouverture de la membrane (et la maintenir ouverte) il dépend de la forme, du nombre et de la matière de cette dernière ainsi que de la qualité de son support-siège. Dans les machines fonctionnant dans l'eau, il faut rajouter la force de cette dernière.
- Forme générale de la courbe d'expiration (qui devrait être 2 fois plus longue que celle d'inspiration mais dépend du banc de test) et fermeture de la soupape en fin d'expiration – c'est une partie très importante du cycle ventilatoire car une mauvaise ou dure expiration conduit à l'essoufflement …. La forme des moustaches peut également induire un effet de succion.

2ème tableau - performances du 1er étage

- Une autre courbe graduée en bar qui correspond au réglage initial de la moyenne pression
- Constat de chute de cette dernière lors de l'inspiration qui correspond au temps de réponse du 1er étage pour ouvrir le clapet HP , voir anticiper son ouverture – dépend également des frottements divers, de la nature et diamètres des flexibles, de l'état général de l'entretien (filtre encrassé, dépôts multiples) lubrification des joints et alignement précis des pièces mécaniques…. Moins la chute est importante et plus le détendeur est réactif en conservant la MP la plus stable possible pour répondre à la sollicitude du plongeur. Si la MP chute de façon importante avec un seul détendeur à fournir, que se passe-t-il si la demande est multiple (octopus en assistance) et gonflage de la stab …. ?

Les courbes que l'on voit dans les revues et notices sont celles résultantes des spécifications de la norme EN250, à savoir : 50 mètres de profondeur, 50 bars dans la bouteille, en respirant à fond…..bref les cas improbables (je l'espère) en plongée ou alors le candidat au suicide mourra avec un bon confort respiratoire, c'est rassurant !
D'un autre côté, qui peut le plus…

Ces courbes ma foie bien commerciales peuvent entraîner (ou cacher) des instabilités à d'autres points qui ne sont pas contrôlables. Que deviennent ces méga performances près de la surface ? ou dans la zone des 20 mètres ? nous aurons toujours un doute.
Mes courbes à moi sont plus raisonnables en principe… moyenne de 150 bars dans la bouteille et un cycle ventilatoire toutefois important de 25 cycles par minute, (soit 62.5l avec un poumon de 2.5l) conformément à la norme (j'ai fais également les tests à 15 cycles minutes soit 37.5l) mais j'observe les meilleures variations remarquables et mesurables sur mes courbes à 25 cycles/mn, car je ne peux faire varier la profondeur et je recherche des différences significatives et surtout exploitables entre les différents modèles testés.
Je triche donc moi aussi un peu !
Il est évident que des variations beaucoup plus importantes et parlantes auraient été visibles si les tests avaient été effectués dans l'eau.

Pour les tests, les réglages de venturi (sur les modèles qui en disposent) seront toujours sur minimum à cause des vibrations et oscillations occasionnées ou le passage en débit continu qui ne permet pas l'exploitation des données.

CHAPITE 4 – PRESENTATION DES RESULTATS DES MESURES

Comme nous l'avons vu, sur certains modèles, des améliorations seront anodines comme un changement de nom ou de look , un rapprochement de la concurrence, d'autres seront significatives, et sont souvent une combinaison d'éléments déjà existants sur les différents modèles de la gamme.
La différence entre les modèles de détendeurs tient donc principalement aux détails : une légère modification dans la forme de la chambre peut induire une diminution considérable des turbulences.

Pourquoi une seule marque ? – en comparant les avancées techniques des autres fabricants, il s'avère que les résultats de leurs recherches sont très proches et les courbes comparatives du **MK2 métal** et du **MK25 S600** de **SCUBAPRO** sont voisines de celles des **SPIRO 8 – LEGEND…** Après divers trajets, tous les chemins arrivent pratiquement aux mêmes résultats.

Je commencerai ma présentation des résultats par une courbe de comparaison du travail respiratoire entre un **MISTRAL** de 1955 et un **LEGEND** récent pour voir l'étendue du travail accompli – Etudier l'ensemble des détendeurs de la **SPIRO** et leurs évolutions serait beaucoup trop long et ambitieux pour ce mémoire et nécessiterait un livre complet … et épais.

Je présenterai les améliorations et comparatifs sur les mêmes types de détendeur car il faut toujours comparer ce qui est comparable. Le modèle étudié sera celui du très répandu piston non compensé en passant du SPIRO 8 au CALYPSO nouvelle génération et leurs dérivés comme les SPIRO CLUB , série des 25, CLUB XL, RANGER , CALYPSO ce qui représente environ 10 modèles distincts. (par curiosité personnelle, je n'ais bien sûr pas résisté à l'envie de faire une batterie de tests de l'ensemble des détendeurs de la gamme dans les mêmes configurations).

A la lecture et l'interprétation de ces courbes, voici mes hypothèses (tentatives de déduction) sur les variations observées.
Pas de sonde de débit comparatif sur le banc d'essai qui aurait permis entre autres de constater les influences de la nature des flexibles sur la circulation du fluide.

1 – comparatif **MISTRAL – LEGEND et SPIRO 8**

2 – **SPIRO 8** la référence de départ
travail relativement important à l'inspiration – la membrane principale en caoutchouc est plutôt rigide et le levier offre une grande surface de contact – pt de décollage (seuil d'ouverture) environ 4.7 mb
pour l'expiration, une petite soupape et de petites moustaches ne facilitent pas une expiration aisée
la chute de la moyenne pression est de l'ordre de 2.5b ce qui est important et on ne sait pas s'il arriverait à assurer plusieurs demandes de consommation – notons que ce détendeur ne disposait à l'origine que d'une sortie MP.

PS : la MP sur ces modèles est fixée par le constructeur entre 7.5 et 8 bars – valable également pour tous les boîtiers métal. – pour une bonne lecture des courbes présentées après, j'ai réajusté ces valeurs manuellement sur mes présentations. La MP sera comprise entre 8 et 10 bars à partir des boîtiers plastiques (avec 200b dans la bouteille bien sûr pour les modèles non compensé…)

3 – **20/10 –** sur les bases des composants internes du **SPIRO 8 –** inspiration et expiration plus simple !
l'expiration est compréhensible par la forme des moustaches plus larges et surtout par le diamètre de la soupape d'expiration – coté inspiration , même en conservant la membrane caoutchouc principale, la grande nouveauté se situe du coté du nouvel injecteur qui gave le plongeur et lui donne un très grand confort (limite débit continu)
La MP varie toutefois (ce sont les mêmes composants que le S8 : piston plastique, ressort et siège).

4 – **SPIRO CLUB – 25/10 –** 1ère série : les performances du 2ème étage sont globalement les mêmes que le 20/10 car pas d'améliorations notables – en revanche la baisse de la moyenne pression est remarquable : remplacement du piston caoutchouc par un métal (réduction de l'usure) – nouveaux clapet-siège et ressort
chute également moins rapide avec perturbations (raisons possibles ?) alignement général, lubrification ….

5 – **SPIRO CLUB – 25/10** – 2ème série : le coup d'avant, on ne touchait pas au 2ème étage – ce coup ci, c'est l'inverse : le 1er étage reste sensiblement pareil sauf grosse réduction du poids et de la forme du corps et on modifie le 2ème avec l'arrivée de l'injecteur courbe, du nouveau système levier-clapet et de la membrane principale en silicone plus souple et répondant mieux aux variations de pression et à la déformation suite aux demandes du plongeur.
la chute de la MP est beaucoup plus faible que sur le modèle précédent (causes ?) – réduction du travail inspiratoire causé par le nouvel injecteur associé au levier avec réduction des frottements – inspiration en 2 temps (explications possibles ?) – nouvelles moustaches profilées sans effet particulier autre que le champs de vision dégagé –

6 – **CLUB XL1 –** Le 1er étage est en tout point identique au modèle précédent (on ne change encore une fois qu'une partie du détendeur) et nous retrouvons donc intact la variation de la MP.
Nouveau 2ème étage léger donnant un bon confort inspiratoire avec légère réduction malgré un nouveau système d'injection et toujours en 2 temps – soupape d'expiration identiques ainsi que l'inclinaison – support différent et perturbations possibles de l'évacuation des bulles par les nouvelles moustaches affaiblissent légèrement le confort expiratoire.

7- **CLUB XL2** – nouvelle version – le corps et les composants du 1er étage sont à nouveau modifié : un nouveau piston de grand diamètre cette fois, avec siège et ressort d'une nouvelle génération modifient considérablement la chute de la MP et favorise sa stabilité. Une surface plus importante favorise les asservissements.
Nouvelles moustaches très larges pour un meilleur confort expiratoire (rien d'autre de nouveau) et l'injecteur sous forme de languette donne une grande aisance à l'inspiration qui est favorisée par la stabilité de la MP.
Chute MP moins rapide et bonnes performances du 2ème étage.

8 – **CLUB 2 XL4 -** Expiration avec une soupape ovale (surface de cette dernière plus importante) difficile à voir ici une amélioration – support plus important pour une meilleur étanchéité ?
Les performances du 1er étage suite au changement du piston semblent similaires sur le test avec peu de variations par rapport au modèle précédent.

9 – **RANGER XP –** Pas d'autres modifications que l'esthétisme sur le 1er étage – sur la BP, retour à une soupape d'expiration ronde et changement de la membrane principale. Bon confort ventilatoire
coté inspiration, le nouvel insert démontable ainsi que l'injecteur n'apportent à priori (sur le papier) rien de bien supplémentaire.

10 – **CALYPSO –** Coté inspiration, on reste dans les mêmes paramètres que le modèle précédent malgré le changement de l'insert, du palier, de la membrane et du levier , mais un peu de perte sur le confort expiratoire. (forme des moustaches, architecture du boîtier plus petit ??) – bonne stabilité au niveau de la MP avec 2 temps.
Petit boîtier, petite membrane, petit levier ….

11 – **NEW CALYPSO –** Des performances tout à fait honorables au niveau du 2ème étage donnant un excellent confort mais c'est surtout sur la régulation de la variation de la MP qui est impressionnante. Pratiquement pas de baisse de cette dernière, ce qui prouve la très grande anticipation de la moindre baisse et engendre l'ouverture du clapet rapidement pour pallier à la moindre sollicitude – le nouveau piston avec son faible poids, la réduction de son inertie et les nouveaux trous au niveau de la queue du piston procurent un niveau de stabilité proche des détendeurs modernes de premier ordre.

12 – **TEST AVEC MODIFICATIONS DE LA MEMBRANE DU 2ème ETAGE SUR UN AQUILON**
Je n'avais jusqu'alors utilisé que du matériel « standard » commercialisé sans modification de ma part des pièces d'origine. J'ai voulu mettre en évidence que le seul remplacement d'une pièce maîtresse peut faire varier d'une manière importante la forme des courbes. J'ai remplacé la membrane principale du 2ème étage d'un **AQUILON** en caoutchouc par une membrane en silicone (uniquement cette modif) et le constat est immédiat sur la partie inspiration avec une différence significative de près de 2mb ! la forme mais surtout le matériau silicone utilisé est responsable de cette importante augmentation du confort ventilatoire – gain également sur la variation de MP de près de ½ bar.

13 **– INFLUENCE DE NON REVISION AVEC FILTRE ENCRASSE** (filtre sale et rajout de pertes en charge sous la forme de rotule) – dans le but de faire ressortir des différences entre un détendeur sortant de révision et avant son entrée.
2 essais ont été réalisés avec remplacement du filtre par un modèle encrassé sur le même détendeur dans le but de vérifier les turbulences occasionnées et les variations de confort ventilatoire sur les 2 courbes – malheureusement, ces valeurs sont assez faibles et ne mettent pas en évidence totale les paramètres que j'aurai voulu faire ressortir. De petites perturbations sont visibles, avec légères oscillations mais à mon avis pas significatives. Le banc n'est pas assez précis et surtout **non dans l'eau**.
Infos : réduction d'environ 20% des performances avec un filtre encrassé (infos fabricants)

5.- CONCLUSIONS

ENTRETIEN DE VOS INSTRUMENTS PREFERES

Pour diverses raisons, nous devons procéder à un entretien à intervalles réguliers chez un revendeur agréer (pour des questions de responsabilités)

- les mécanismes d'un détendeur sont toutefois fragiles et ils craignent les chocs, les vibrations qui occasionnent le dérèglement et provoquent des fuites ou des pertes de performances
- il y a dans le temps une usure mécanique des pièces en mouvement (ressorts, joints…)
- le remplacement des clapets qui se marquent (ouverture rapide, manœuvre fréquente….)
- l'usure des flexibles, embout, membrane, joints (tension des flexibles, lumière et soleil, ultraviolet, hydrocarbure, eau chlorée….)
- la présence de sable, dépôt calcaire ou particules qui provoquent des ralentissement de coulissage ou blocage (1er étage à piston) ou empêchent une soupape de se refermer correctement (2ème étage)
- la saturation du filtre d'entrée.
- ……..

La maintenance par un technicien certifié par le constructeur est une garantie. Elle est préconisée :

- tous les ans par le constructeur ou si plus de 200 plongées, utilisation professionnelle
- tous les 3 ans ou toutes les 150 plongées (reconnu généralement par les experts)

cet entretien sérieux permet de conserver intactes toutes les performances initiales du détendeur et permettent les UPGRADE.
Le démontage les uses aussi un peu.

Rien n'est obligatoire par rapport au contrôle réglementé des blocs, mais…. Le matériel doit être en bon état de fonctionnement, et s'il tombe en panne, ce sera toujours au mauvais moment…. Les avocats veillent !

L'entretien courant de base est assuré dans la formation de base du plongeur et consiste avant et après la plongée à quelques précautions élémentaires : contrôle général visuel de l'ensemble, constat d'absence de fuite et contrôle d'étanchéité au 2ème étage – utilisation puis rinçage avec bouchon de protection, solution désinfectante pour hygiène buccale et stockage en lieu sur.

Les niveaux 3 et 4 sont à même de changer ou bouger des flexibles et les joints accessibles.

Et demain ?

Encore une fois dans l'histoire … nous sommes re-re-parvenus à un niveau technique alliant matériaux, technologie, souplesse, rendement optimum quelque soit les conditions de plongées les plus diverses, bref au sommet du maximum .. le nirvana de la respiration en plongée !
Pour ma part, je rêve toutefois pour les années à venir à associer un des avantages des recycleurs à nos détendeurs « classiques », à savoir respirer de l'air chaud et ré-humidifié (sans vaporisation des poumons svp) afin de gagner si possible encore en confort.
Messieurs les ingénieurs des bureaux d'études des fabricants, nous comptons sur vous.

Grands remerciements à Sam et Francis du magasin LA BULLE à Angers pour avoir mis à ma disposition leur banc d'essai afin d'effectuer mes tests, à manu CABRERE d'AQUALUNG pour sa relecture, ses précisions et ses informations précieuses – Grands mercis à Claude MARTIN et Jacques LABBE pour leurs parrainages ainsi que tous les passionnés qui m'ont donné l'envie d'écrire ce petit bout de patrimoine historique.
Et ma femme pour sa patiente et ses multiples relectures.